

Cristiano Fernandes Luiz

PLM:
PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

UMA ABORDAGEM COM FOCO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Trabalho apresentado como requisito de
conclusão de curso de MBA em Gerência
de Sistemas Logísticos da Universidade
Federal do Paraná – CEPPAD

Orientador: Prof. Darli Rodrigues Vieira

CURITIBA – PARANÁ
OUTUBRO DE 2008

Agradecimentos

A minha esposa pela compreensão e apoio.

Ao orientador Prof. Darli Rodrigues Vieira que compartilhou de sua experiência e grande dedicação durante todo o andamento do curso.

Aos meus novos colegas e amigos que fiz durante as atividades relevantes ao MBA.

A todos aqueles que de alguma forma cooperaram para a realização desta monografia.

Resumo

FERNANDES LUIZ, Cristiano. **PLM: Product Lifecycle Management – uma abordagem com foco na cadeia de suprimentos**. 2008. 78 p. Monografia (MBA em Gerência de Sistemas Logísticos) – Universidade Federal do Paraná – CEPPAD.

Esta monografia tem como objetivo pesquisar e analisar a viabilidade da implantação de uma solução PLM e integrá-la na cadeia de suprimentos, analisando especificações, conceitos e teorias, vantagens e desvantagens para a implantação de tal solução em corporações. Esta monografia está estruturada de tal maneira que primeiramente se faz entendimento das necessidades de integração e colaboração no desenvolvimento de novos produtos. Posteriormente seguindo a análise conceitual, realiza-se compreensão dos estágios e formas de implantação de uma solução PLM. Continuando, podem-se propor metodologias para que se obtenham melhores resultados e que seja realizada a escolha correta na forma da aplicação. Uma vez obtendo este conhecimento, pode-se analisar como se dará a integração entre o SCM e PLM. Assim analisam-se os benefícios desta solução.

Palavras chave: Gestão da cadeia de suprimentos, SCM – Supply Chain Management, gestão do ciclo de vida do produto, PLM – Product Lifecycle Management

Abstract

FERNANDES LUIZ, Cristiano. **PLM: Product Lifecycle Management – a supply chain approach**. 2008. 78 p. (MBA in Logistics Management) – UFPR – CEPPAD.

The main objective of this work is to research and analyze the feasibility of the deployment of a PLM solution and its integration in the supply chain, concerning project specifications, concepts and theory, and the benefits for the implementation of such solution throughout corporations. The work is structured in such way that first we need to understand the needs for integration and collaboration in the development of new products. Likewise, following the conceptual analysis, and the comprehension of the PLM implementation on the way it is structured. Next, it is possible to understand and propose methodologies for obtaining better results and choosing the best scenario for a given type of organization. With all of this in mind, we can finally understand how SCM and PLM can be integrated. Therefore we follow the benefits of this implementation for the organizations.

Key words: SCM – Supply Chain Management, PLM – Product Lifecycle Management, Concurrent engineering, collaborative work environments

Índice

1	Introdução	9
2	Histórico e necessidade de colaboração	13
2.1	Estruturas Organizacionais e Métodos de Design	16
2.2	De CA e PDM para PLM (perspectivas tecnológicas)	18
3	Processos e Estágios do PLM	24
3.1	Processo de desenvolvimento	25
3.1.1	Fase 1: Concepção (Imaginar, Especificar, Planejar, Inovar)	27
3.1.2	Fase 2: Design (Descrever, Definir, Desenvolver, Testar, Analisar e Validar)	28
3.1.3	Fase 3: Produção (Manufaturar, Construir, Produzir, Vender e Entregar)	29
3.1.4	Fase 4: Serviço (Usar, Suportar, Descontinuar, Reciclar e Descartar)	29
3.1.5	Todas as fases: Gestão do Ciclo de Vida (Comunicar, Gerir e Colaborar)	29
3.2	Modelo de Referência PLM	30
3.2.1	Modelo de Referência: <i>PLM Maturity</i>	31
3.2.2	Modelo de Referência: <i>PLM Benefits</i>	34
3.2.3	Modelo de Referência: <i>PLM Best Practice</i>	35
3.3	Análise mercadológica	36
3.4	Ferramentas Atuais	37
4	Metodologia PLM para suportar projetos de desenvolvimento de novos produtos	42
4.1	Soluções Atuais	45
4.1.1	Engenharia concorrente	45
4.1.2	Bottom-up	47
4.1.3	Top-down	47
4.1.4	NPD – New product development	48
4.1.5	DFSS – Design for Six Sigma	50
4.1.6	DFMA – Design for manufacture / assembly	53
4.2	Solução proposta	55
4.3	Ferramentas de TI em design colaborativo	58
4.3.1	Critérios de avaliação	60
4.4	Mudança organizacional e cultural na implantação do PLM	62
4.5	Quais empresas implantam o PLM?	64
5	Integração do projeto PLM com a cadeia de suprimentos	68
5.1	Colaboração entre empresa e seus fornecedores	73
5.1.1	Processo de Planejamento Estratégico de Integração de Fornecedores	76
5.1.2	Estudo de Caso	79
5.2	Gestão de Segurança e Confiança	81
6	Benefícios da implantação da solução PLM	83
7	Conclusões	86
8	Referências	88

Índice de Figuras

Figura 1: Impacto de decisões durante a vida de um produto [Fonte: SAP PLM Seminar - Orlando 2008]	12
Figura 2: Vida de um produto [Aberdeen 2005]	14
Figura 3: Processo do ciclo de vida do produto [Santos 2005]	15
Figura 4: Novo processo do ciclo de vida do produto [Infosys 2005]	16
Figura 5: O conceito “Over-the-wall” [Johansson et al., 2001]	17
Figura 6: O conceito de engenharia concorrente [Johansson et al., 2001]	18
Figura 7: Evolução das tecnologias [Neto et al., 2007]	20
Figura 8: Evolução das tecnologias x nível de colaboração [Neto et al., 2007]	23
Figura 9: Quatro pilares de TI nas corporações [PTC, 2004]	24
Figura 10: Dimensões do modelo de referencia [Rozenfeld, 2008]	30
Figura 11: Mercado de PLM [Neto et al., 2007]	36
Figura 12: Volume de vendas de soluções por fabricante [Neto et al., 2007]	37
Figura 13: Análise de fornecedores para desenvolvimento colaborativo [Johansson e Uvhagen, 2001]	39
Figura 14: Quadro de funcionalidades das ferramentas atuais [Johansson e Uvhagen, 2001]	41
Figura 15: Ciclo de atividades efetuadas na gestão do ciclo de vida do produto [Fachinello e Cunha, 2004]	43
Figura 16: Definições de PDP/GDP x PLM [Rozenfeld, H., 2008 – adaptado]	44
Figura 17: Interação de etapas no desenvolvimento [Fabrício e Melhado, 2000]	46
Figura 18: Projeto NPD [Homak, 2008]	48
Figura 19: Comparação entre Six-Sigma e DFSS [Werkema, 2002]	51
Figura 20: Solução de desenvolvimento em DFMA [Moschetto 2006]	54
Figura 21: Modelo proposto para estruturação do ciclo de vida do produto [Fachinello e Cunha, 2004]	58
Figura 22: Diferentes visões de um mesmo produto	63
Figura 23: Desenvolvimento Sequencial de Produto [Neto et al., 2007]	66
Figura 24: Desenvolvimento Integrado de Produto [Neto et al., 2007]	66
Figura 25: Integração entre ERPs: CRM, SCM e PLM [Neto et al., 2007]	73
Figura 26: Processo NPD e integração com fornecedores [Monczka et al., 2007]	75
Figura 27: Níveis de integração com fornecedores [Monczka et al., 2007]	75
Figura 28: Tempo de integração com fornecedores [Monczka et al., 2007]	76
Figura 29: Processo de Planejamento Estratégico de Integração de Fornecedores [Monczka et al., 2007]	77
Figura 30: Caso 1 – Sistemas CAD não interligados [Camargo 2003]	80
Figura 31: Caso 2 – Integração entre CAD, CAM, CAE e EDI [Camargo 2003]	80
Figura 32: Caso 3 – Integração com sistemas distribuídos [Camargo 2003]	81
Figura 33: Evolução das ferramentas e a produtividade [Camargo 2003]	83
Figura 34: Benefícios com a implantação da solução PLM [fonte: IBM 2004]	84

Índice de Tabelas

Tabela 1: Modelo PLM Maturity [PLMIG, 2008] 34

Tabela 2: Processos e Estágios do PLM [Infosys, 2005 – adaptado] 56

Tabela 3: Integração de processos e departamentos..... 69

Tabela 4: Desempenho alcançado através de integração de fornecedores [Monczka et al., 2007]
..... 74

Tabela 5: Ganhos financeiros da implantação da solução PLM [fonte: Infosys 2005]. 83

1 Introdução

A gestão do desenvolvimento de produtos está passando por uma brutal transformação. Novas metodologias e novas ferramentas estão na origem desta nova situação. Até então e mesmo na maioria das grandes empresas, projeto, fabricação e comercialização dos produtos eram executados de forma isolados. Pouco de concreto se podia incorporar no projeto sem informações sobre as necessidades dos clientes. Da mesma forma, as operações de fabricação e a comercialização também eram executadas sem a necessária interface com a cadeia de suprimentos.

Com a evolução da tecnologia da informação e o fortalecimento da Sociedade da Informação, apareceram as empresas classe mundial. Os profissionais destas empresas são ricos em três ativos principais: conhecimentos avançados e especializados; competência para operar segundo os mais altos padrões de qualidade; acesso a recursos em todo o mundo através de conexões globais [Santos 2004]. As empresas classe mundial conseguem o sucesso em uma economia cada vez mais competitiva. Tornaram-se elos essenciais nas cadeias de negócios globais. As empresas com este perfil contribuem para que os países desenvolvidos estejam à frente da economia mundial.

Atualmente as empresas de classe mundial posicionam-se em seus mercados focalizando dois pontos vitais: manter-se em uma linha crescente de resultados e desenvolver produtos de tecnologia superior. Essas necessidades trazem consigo questionamentos do tipo: “como podemos fazer mais com os recursos existentes?”, e, “como podemos inovar melhor, barato e rápido, enquanto nos diferenciamos da concorrência aos olhos dos nossos clientes?”.

O Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (Product Lifecycle Management – PLM) é a estratégia de aproximação do negócio que pode auxiliar as organizações a alcançarem esses objetivos enquanto, de maneira contínua, reduzem os custos, melhoram e protegem a propriedade intelectual, aumentam a qualidade e diminui o TTM - “*time to market*”, ou seja, o intervalo de tempo entre a concepção e a disponibilidade do produto no mercado.

Através da implantação de uma solução PLM – Gestão do Ciclo de Vida do Produto – uma empresa pode entender e visualizar o conceito, desenvolvimento, manufatura, promoção ao mercado, lançamento e acompanhamento da maturidade do produto ate sua saturação de maneira

integrada. Significa que o conceito de PLM relaciona a gestão de produtos através todo seu ciclo de vida, desde o conceito até a reciclagem. Ele integra a visualização de CAD – Computer Aided Design – a todas as equipes de desenvolvimento, não importando onde estejam, e sob qual plataforma esta equipe está trabalhando, o que permite posicionar o conceito de Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos a outro patamar. Mas considerando um exemplo em que seja necessário redesenhar um produto, é importante também analisar quais são os impactos em termos de canais de distribuição da cadeia de suprimentos.

Em um cenário onde as empresas são submetidas à forte pressão para elevar o nível de serviço, as soluções devem ser produzidas de maneira cada vez mais rápida. Em determinados segmentos como a indústria de cosméticos - e que aqui será objeto de análise -, onde se tem uma elevada taxa de lançamentos de novos produtos, a capacidade em gerenciar interfaces e produzir respostas rápidas é fator crítico de sucesso dos projetos.

No setor de cosméticos a busca por aceleração da redução do tempo de lançamento de novos produtos é uma das principais razões para a implantação do PLM. Através de visitas e estudos em uma indústria de cosméticos, pode-se observar que para uma dada taxa de lançamento anual, é preciso um grande e contínuo alinhamento entre diferentes áreas funcionais. Este fato é agravado por características particulares do setor: em muitas ocasiões, o produto é desenvolvido para um curto e único período do ano e não poderá ser reaproveitado em outras situações. A biotecnologia foi primeiramente apresentada no início dos anos 70, levando a novas pesquisas e produtos já nos anos 80 e 90. Neste novo século, novas tecnologias como nanotecnologia surgiram, levando a ainda mais a novos produtos. Durante os anos 90, muitos mercados se abriram, despertando inúmeras novas oportunidades. A preocupação e os cuidados com a saúde criaram novos mercados para a indústria de cosméticos em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Por este motivo, foi observado que dentro desta indústria um produto pode ficar obsoleto em menos de 24 meses, portanto da necessidade de ter gestão de portfólio bem integrado com desenvolvimento, marketing e planejamento logístico.

Através de visitas a outra indústria de segmentos de maquinários de equipamentos de construção, onde a gama de produtos é extremamente diversificada e há muitos fornecedores de matérias primas, ou até mesmo de produtos ou componentes que fazem parte de um produto final maior, este nível de integração se faz de extrema importância. Dada a diversidade no portfólio nota-se que as mudanças em linhas de produção têm impactos muito grandes, e onde o lead times já é

elevado, acaba por ocorrer indisponibilidade de peças, atrasando o projeto de desenvolvimento de produto como um todo. Isto ocorre devido à demanda de clientes ser específica para cada tipo de aplicação de máquina, onde a solução PLM pode auxiliar na simulação de qualquer configuração requerida por clientes, estimando custos e verificando a viabilidade de produção de um modelo novo muito mais rapidamente, com segurança e qualidade.

Em anexo podem-se encontrar dois estudos de caso em relação a este tema da integração entre a cadeia de suprimentos e o desenvolvimento de novos produtos, um deles realizado na indústria de cosméticos e outro realizado em uma fabricante de equipamentos de construção. Em ambos os casos nota-se que o nível de integração das indústrias ainda não é o desejado, e que de maneiras diferentes sofrem com os mesmos problemas. Também poderá notar que as formas e a maneira como a solução foi conduzida é dada a especificidade do mercado e da demanda de seu próprio mercado. Contudo, as melhores praticas de cada uma podem ser aplicadas para ambos segmentos.

Outro ponto importante deste estudo é o fato de que ainda não se tem uma solução PLM em termos de TI muito bem desenvolvida, fazendo uso de toda a gama de colaboração desejada pelos clientes. Em nível conceitual o PLM está muito bem desenvolvido, porém a solução técnica, todavia não consegue programar todos os conceitos de base de maneira integral. Será apresentado estudo das ferramentas atuais disponíveis em mercado e suas vantagens para cada tipo de aplicação e segmento da indústria.

Considerando que as margens atuais não estão somente baseadas em redução de custos, mas sim em uma forte redução de lead-times; reduzir custos de desenvolvimento; aperfeiçoar a colaboração entre parceiros internos e externos; alinhar o sistema de gerenciamento de documentos e interação de inovação e desenvolvimento de produtos revela-se cada vez mais uma grande saída para as empresas. Estes são os principais desafios para obter excelência em responsividade.

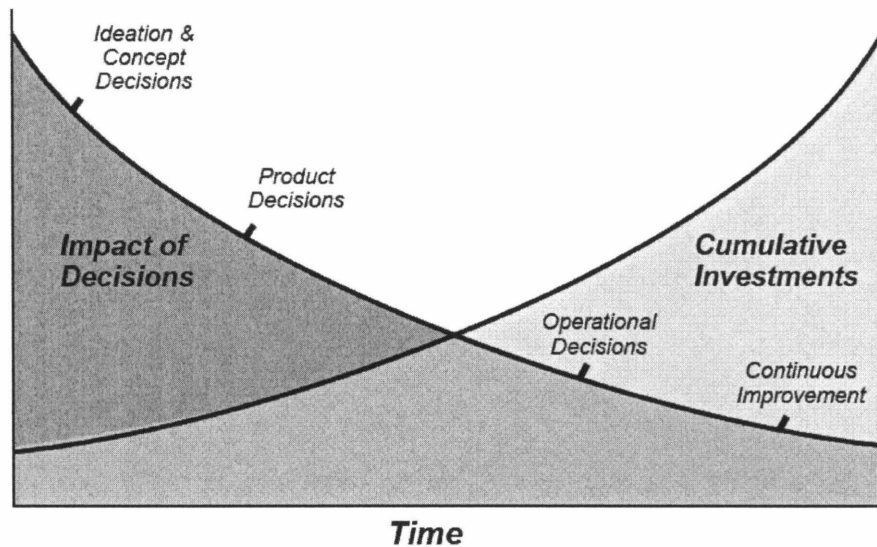


Figura 1: Impacto de decisões durante a vida de um produto [Fonte: SAP PLM Seminar - Orlando 2008]

Nota-se uma oportunidade de redução de custos internos e uma transformação do projeto PLM em um diferencial competitivo, onde é observado que reduzir o tempo de lançamento de um produto está diretamente relacionado ao tempo despendido na conceitualização do produto e na integração dos departamentos responsáveis em entregar este aos clientes. Segundo [Infosys, 2005], o custo de determinação do conceito do produto chega aos 75% do custo total do ciclo de vida. Entende-se, portanto que oportunidades de redução estão estimadas em ganhos de 25% a 50%.

2 Histórico e necessidade de colaboração

A inspiração para o desenvolvimento de novas metodologias para processos de negócio atualmente conhecidos como PLM vieram quando a American Motors Corporation (AMC) estava buscando uma forma de acelerar o processo de desenvolvimento de novos produtos a fim de poder competir face à grande concorrência em 1985, de acordo com François Castaing, Vice Presidente de Engenharia de Desenvolvimento de Produtos. Após introduzir no mercado o modelo compacto Jeep Cherokee, veículo o qual fez decolar o mercado de veículos esportivos utilitários no mercado dos EUA, a AMC iniciou o desenvolvimento de um novo modelo que posteriormente tornou-se mundialmente conhecido pelo Jeep Grand Cherokee. A primeira parte para esta jornada para evoluir mais rapidamente no desenvolvimento de novos produtos foi o *computer-aided design* (CAD) – sistema de software que permite que engenheiros sejam mais produtivos. A segunda parte neste esforço foi o novo sistema de comunicação que permitiu a resolução de problemas e minimização de conflitos de forma mais rápida e otimizada, da mesma forma em que reduziu custos de engenharia, uma vez que todos os desenhos e documentos estavam centralizados em uma única base de dados. A gestão de dados de produto foi tão eficiente que após a AMC ser comprada pela Chrysler, este sistema foi expandido através da empresa, conectando todos os envolvidos no processo de design e construção de produtos. Sendo uma das primeiras empresas a adotarem uma solução da tecnologia PLM, Chrysler pode se tornar na indústria de custos mais baixo de desenvolvimento no setor automotivo, gravando custos de desenvolvimento que registravam metade da média da indústria em meados dos anos 90.

A utilização do conceito de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) pelas empresas, a partir dos anos 90, trouxe importantes vantagens competitivas amparadas na possibilidade de redução dos ciclos de introdução de novos produtos no mercado, viabilizadas através de técnicas orientadas à integração das atividades e departamentos, baseadas nos conceitos de multifuncionalidade, desenvolvimento simultâneo e integrado do produto [Fachinello e Cunha 2004]. A efetivação do conceito de PDP como um dos mais importantes processos de negócio da empresa supõe que o desenvolvimento de novos produtos é uma constante ciclicamente presente na vida da empresa, pressuposto da inserção da inovação de forma permanente na vida da empresa. Isto veio a demandar a realização de uma série de estudos no campo da análise organizacional, especialmente no que diz respeito à estruturação dos procedimentos e do fluxo de informação inerentes à efetivação deste processo no ambiente empresarial.

Apesar do processo de desenvolvimento variar de produto para produto e de indústria para indústria, o comparativo entre os estudos de caso mostraram-se importantes na definição de um processo genérico para o design de produtos. A maioria das atividades que devem ser atingidas pelas equipes de desenvolvimento durante este processo de design são similares. Contudo, é importante entender que para um produto de sucesso, de alta qualidade e em tempo, as atividades no processo de desenvolvimento de produtos devem ser influenciadas durante todo o ciclo de vida do produto. Além dos benefícios de alta qualidade e de desenvolvimento rápido, é mais fácil oferecer serviços relacionados ao produto nas fases finais do ciclo de vida do produto. Um exemplo bem conhecido tirado da indústria automotiva mostra que após a venda de um automóvel, os fabricantes venderão produtos e serviços adicionais no valor de seis vezes o valor do veículo. Além de mostrar foco no cliente, pode-se garantir retenção do mesmo devido à melhor gestão do ciclo de vida do produto.

O desenvolvimento de produto também pode ser entendido como um processo de transformação da informação, o qual manipula uma grande variedade e volume de informações. Esta característica constitui um aspecto crítico para o gerenciamento deste processo, fazendo que as práticas de sistemas de gerenciamentos de informações se tornem relevantes na tentativa de garantir que as informações estejam disponíveis para toda a organização no formato, no local e no tempo adequado. Neste contexto, portanto, é que surge o conceito de Gestão do Ciclo de Vida do Produto (PLM), com a proposta de organizar o fluxo de informações e os procedimentos inerentes à gestão de produto.

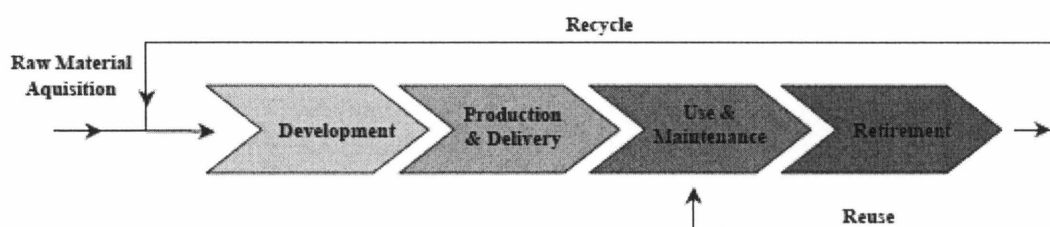


Figura 2: Vida de um produto [Aberdeen 2005]

Conforme ilustrado na figura 2, a vida de um produto geralmente começa no desenvolvimento do produto. Durante esta fase é identificado às necessidades de mercado, então é planejado o processo de design, as especificações de engenharia e conceitos de design são gerados e finalmente o produto é desenhado em detalhamento específico. A próxima fase é a produção e entrega, onde o produto é fabricado, montado e distribuído ao cliente. Quando o produto foi

finalmente entregue ou instalado devidamente, este mesmo entra na fase de utilização e manutenção. Após o produto não possuir mais utilidade este será descartado, o que significa que será devidamente desmontado e suas peças serão recicladas, remanufaturadas ou reutilizadas.

Dado este conhecimento do ciclo de vida do produto, as fases de design do produto podem ser discutidas. No caso do processo genérico de desenvolvimento, existem várias fases diferentes que podem ser divididas em atividades e tarefas específicas. Tais tarefas serão apresentadas no próximo capítulo no detalhamento de metodologias do processo PLM.

A visão apresentada do gerenciamento do ciclo de vida do produto - PLM, pode antever a necessidade de um ambiente para gestão incluindo processos, aquisição de dados e possibilidades de cruzamento de recursos de toda a empresa – sem a necessidade de revisões da fábrica ou da infra-estrutura de uma organização. Baseada neste conceito será apresentada metodologia para integrar a solução PLM com as ferramentas de software. Aqui se mostra na figura 3 as atividades funcionais correlatas as áreas e departamentos de trabalho:

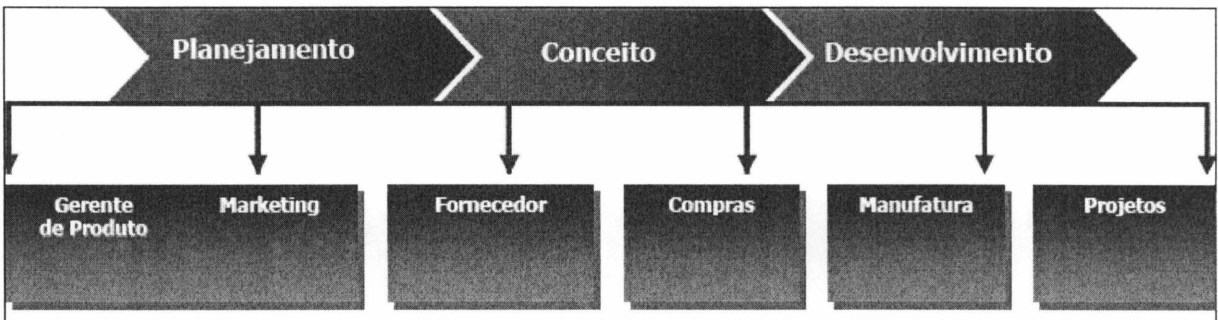


Figura 3: Processo do ciclo de vida do produto [Santos 2005]

Este processo em certas indústrias pode levar de 5 a 10 anos como um todo, o que do ponto de vista das necessidades de mercado nos dias de hoje é um período muito longo. Por este motivo, o PLM está ocupando uma porção do espaço de tempo para um novo produto que uma vez ocupou. Um produto pode mover do conceito à reciclagem em um período onde antigamente leva-se somente para comercializar um novo produto. Todas as fases de NPD (design, protótipos, testes, modificações; fornecimento e manufatura) se sobrepõe devido à necessidade de responsividade. Isto leva a que os processos sejam adaptados para serem colaborativos em um ambiente de troca de informações em tempo real. Com a urgência de lançar produtos, as

empresas não podem perder tempo caso haja falhas no processo, onde se levava a várias iterações até que o próximo nó pudesse agir, gerando imenso retrabalho (conforme. Figura 4).

NPD (New Product Development) Desenvolvimento de Novos Produtos	Sustentabilidade do Produto	Phase-Out do Produto
Design	Manufatura em Massa (1 – 2 anos)	Suporte à descontinuação (1 – 2 anos)
Protótipos / Testes		
Modificações		
Fornecimento		
Manufatura		

Figura 4: Novo processo do ciclo de vida do produto [Infosys 2005]

Para observar as vantagens e desafios em que somos apresentados quando se trabalha em um ambiente colaborativo de desenvolvimento, é de extrema importancia compreender por completo o processo de desenvolvimento do produto. Este processo envolve todo tipo de atividade; desde a identificação das necessidades de nossos clients, até ao design e manufatura de um produto que vá de encontro à estas necessidades. Por este motivo o foco no desenvolvimento de produtos, o qual é responsável na afirmação e posicionamento de uma indústria no mercado fortemente competitivo como nos dias de hoje.

O design de produto foi identificado como um processo de iteratividade na resolução de problemas que transforma a definição de uma “doença“ em um produto acabado [Ullman, 1997]. Para apresentar o contexto no qual o processo de desenvolvimento está inserido, serão apresentadas as dificuldades na interdisciplinaridade da resolução destes problemas, na tomada de decisão e gestão do conteúdo de design.

2.1 Estruturas Organizacionais e Métodos de Design

Tradicionalmente empresas organizaram suas equipes de desenvolvimento de produto em estruturas funcionais e as atividades no processo do design sendo desenvolvidas sequencialmente. Mesmo que organizações funcionais tenham seus benefícios no aprofundamento, expertise e na especialização de suas equipes, estas frequentemente oferecem problemas na integração de diferentes funções para atingir uma meta comum [Ulrich e Eppinger, 1995]. A coordenação entre as diversas equipes funcionais normalmdente leva a processos lentos e burocráticos quando a informação é simplismente jogada para a próxima pessoa responsável no processo. Este conceito é chamado de design *over the wall* ou sequencial. Estas barreiras são

nítidas conforme mostra a figura 5 a seguir, onde departamentos e equipes funcionais percebem a baixa integração e colaboração com as diversas equipes envolvidas no projeto:

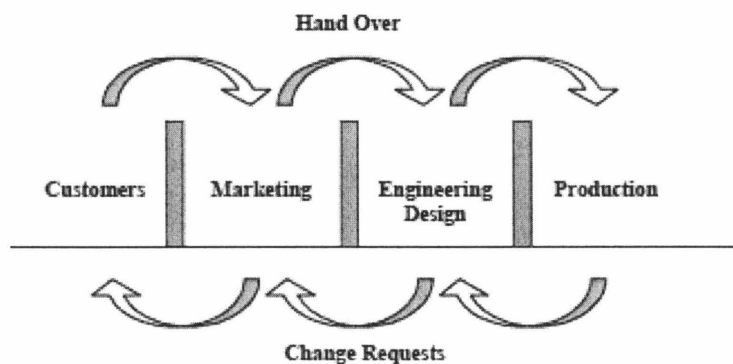


Figure 3.1. The “Over-the-wall” design concept

Figura 5: O conceito “Over-the-wall” [Johansson et al., 2001]

Este método de design chamado de *over-the-wall* é caracterizado pela comunicação unilateral e os produtos que são resultado da utilização desta metodologia sempre encontraram dificuldades em atender as expectativas dos clientes. A figura 3 mostra claramente como os resultados de cada etapa no processo são passadas para o próximo atuante no projeto. Para reparar os estragos causados e corrigir os erros devidos a falta de comunicação, solicitações de correção e alteração são enviadas de maneira reversa no processo para as funções anteriores, que deverão atender as especificações novamente. Estes ciclos de redesign transformam este tipo de organização em inflexível e extrema consumidora de tempo.

No início da década de 80, a filosofia de design simultâneo, ou engenharia concorrente tornou-se popular. Este método de engenharia possui ênfase na comunicação da correta informação para as pessoas certas no momento oportuno, utilizando-se de processos e ferramentas de design que cubram todo o ciclo de vida do produto e envolvam todos os *stakeholders*. Conforme mostra a figura 6 a seguir, o desenvolvimento concorrente de novos produtos significa cooperação entre os membros da equipe com larga bagagem em áreas distintas, tais como marketing, desenho industrial, planificação de processos, serviços e suporte. Estas pessoas são membros ou fazem parte da equipe chefe ou estão envolvidas em uma equipe auxiliar a qual inclui clientes e fornecedores. Segundo [Ullman 1997], uma equipe de design eficiente deve ser mais do que a soma de suas partes. Ele define como equipe “*um pequeno número de pessoas com habilidades complementares as quais estão comprometidas para um propósito comum, metas de desempenho comuns, e uma abordagem comum para o qual estes são mutualmente assignados*”.

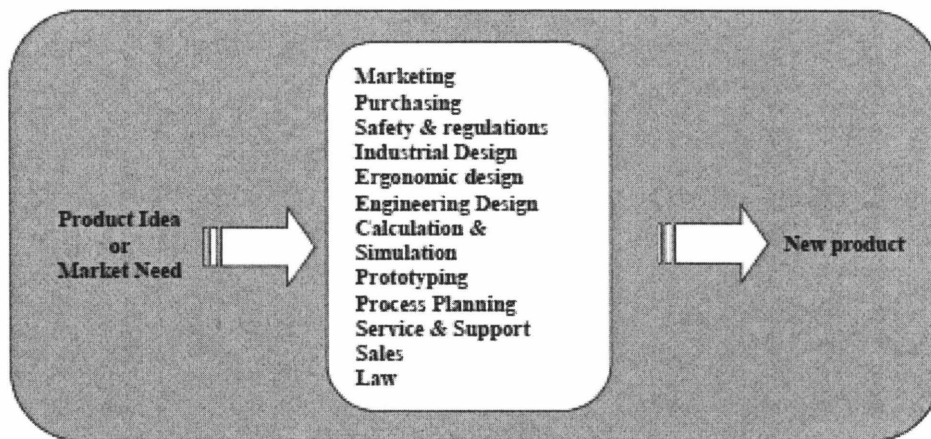


Figura 6: O conceito de engenharia concorrente [Johansson et al., 2001]

Produtos são frequentemente desenvolvidos através de relações temporárias e é de grande importância obter uma visão compartilhada da evolução do produto e seus prazos restritos. Por este motivo a organização do projeto em forma de matriz é a mais adequada estrutura organizacional para o desenvolvimento de produtos e hoje em dia é a mais comumente utilizada [Öhrwall Rönnbäck, 2002].

2.2 De CA e PDM para PLM (perspectivas tecnológicas)

A redução do tempo de ciclo de desenvolvimento de produtos e os avanços na qualidade do design têm sido suportados pela implantação de sistemas avançados de computação tais como tecnologias de sistema 2D e 3D – CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering and Analysis), CAM (Computer Aided Manufacturing), entre outros. Todas estas ferramentas visam acelerar, automatizar e integrar vários processos de engenharia e manufatura. Com a introdução de ferramentas CA (Auxílio de Computador), contudo, na época era somente baseado em tarefas e não orientado a processos. Departamentos tentaram automatizar seus processos da melhor maneira possível e criar um ambiente que melhor auxilia em atingir metas. Na prática, pouco avanço foi visto no campo da integração. Cada uma destas ferramentas produzia seu próprio tipo de informação (formato de arquivos) o que levava ao que se pode chamar de “ilhas de automação”. Este problema poderia ser somente parcialmente resolvido através de várias interfaces e intercâmbio de dados como, por exemplo, IGES e STEP que foram desenvolvidos para facilitar a comunicação entre as diversas ferramentas CA. Portanto, o resultado era frequentemente heterogêneo, fragmentado, em um ambiente multi sistema espalhados por diversas divisões da companhia e especialmente em correntes de

desenvolvimento por definição de produto. Na cadeia de suprimentos de engenharia, a manufatura e os fornecedores deveriam trabalhar como parceiros no desenvolvimento, contudo seus sistemas de informação relacionados a estas atividades são frequentemente incompatíveis. Isto acarreta em significativas perdas de tempo e aumento de custos na tentativa de compartilhar as informações.

Além disso, o grande volume de informações geradas pelos vários sistemas de informação (CA) dificilmente estava organizado de maneira centralizada e por este motivo inacessível para as outras partes de projeto. Novos desenvolvimentos apresentavam consequências de custos elevados devido a falta de integração.

Compreendendo este problema e associado a oportunidade de negócio várias empresas de software começaram em meados dos anos 80 a desenvolver sistemas Product Data Management (PDM) – Gestão de dados de produto, onde inicialmente proviam gestão de arquivos para documentos de engenharia do tipo desenhos CAD em 2D. Ao final dos anos 80 e início dos anos 90 a gestão de alterações de engenharia de projetos para controlar e rastrear as mudanças no projeto foi inserido esta funcionalidade juntamente com a capacidade de configuração e classificação de dados. Como resultado de sistemas 3D – CAD e abordagens de trabalho em equipe entrando no mercado, os sistemas PDM começaram a realizar a gestão de relacionamentos complexos entre as partes, montagens, desenhos, metadata, pessoal e grupos de pessoas. Em meados dos anos 90 muitas das empresas desenvolvedoras de sistemas PDM realizaram a mudança de sistema operacional de UNIX para Windows/NT e várias atualizações e melhorias nas interfaces de usuário foram adicionadas.

Sendo a maior funcionalidade dos sistemas PDM realizarem a gestão de dados e fluxos de informações CAD, era quase que basicamente utilizado pelos departamentos de engenharia, e algumas vezes pelos departamentos de manufatura. Isto devido ao fato da dificuldade que a tecnologia existente que proporcionou a acessibilidade a informações de engenharia a outras áreas da organização como um todo. O software não era amigável e somente poderia ser utilizado após treinamento extensivo e os arquivos somente poderiam ser visualizados nos sistemas nativos CAD em que foram criados.

Ao final dos anos 90 uma nova classe de software chamada de Product Lifecycle Management (PLM) se desenvolveu de sistemas PDM. Além do termo PLM outras companhias de desenvolvimento e pesquisa estabeleceram diferentes nomenclaturas para esta nova solução. O CPC, por exemplo, que significa *Collaborative Product Commerce* – Comércio de Produto Colaborativo, e que foi estabelecido pelo Aberdeen Group; além do cPDM – *collaborative Product Definition Management* – Gestão Colaborativa de Definição de Produtos – utilizado pela CIMData. Outros termos que surgiram foram o ePLM (*electronic Product Lifecycle Management*), o PDC (*product definition and commercialization*) e o PIM (*Product Information Management*).

Um histórico evolutivo das ferramentas e soluções de gestão para o ciclo de vida de produtos é apresentado pela figura 7 [2000]. Neste pode-se observar uma análise dos processos evolutivos das ferramentas contra a colaboração e o envolvimento externo destas ferramentas com os processos de desenvolvimento de novos produtos.

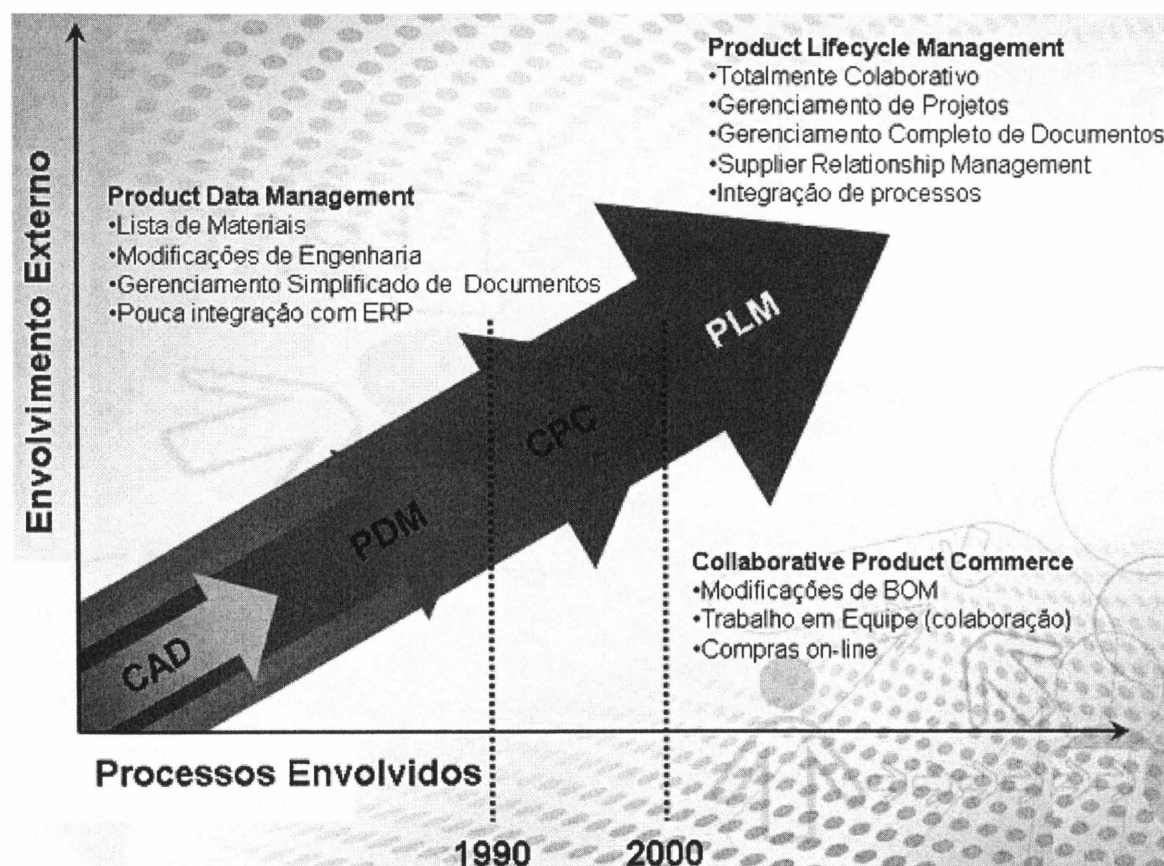


Figura 7: Evolução das tecnologias [Neto et al., 2007]

Com os avanços nas interfaces e nos bancos de dados, visualização tanto quanto a tecnologia de interação com a Internet foi possível obter colaboração de dados mais facilmente. Fornecendo visualização integrada e ferramentas de Digital Mock-Up (DMU), os sistemas PLM se tornam mais poderosos em termos de possibilidades de visualização, marcar e sublinhar dados de um sistema CAD nativo sem haver a necessidade de ter acesso ao mesmo sistema CAD nativo utilizado para a criação do desenho. A Internet serve como uma plataforma de comunicação efetiva para a troca de informações de produtos que vai muito além dos departamentos de engenharia.

A visão para o PLM é ser muito mais do que uma simples ferramenta de gestão de dados CAD e fluxos de processos e informações mas sim transformando-se em uma aplicação empresarial que unifica todas as fontes de informação em uma corporação.

Um sistema PLM pode ser descrito como uma infra-estrutura de suporte a gestão de produtos através de seu ciclo completo de vida que atravessa todas as fronteiras de uma corporação (desde o conceito inicial até a obsolescência do produto). Incluindo a gestão de fluxos de informação, os sistemas PLM, tornando-se a única fonte de informação relative a produtos, certifica que toda informação atualizada sobre produtos esteja disponível e acessível para as pessoas certas no formato certo e no tempo certo. O PLM também é visto como uma ferramenta de gestão da cadeia de suprimentos de produtos servindo como uma ponte de informação ligando os OEM's – *Original Equipment Manufacturer* – Fabricante Original de Equipamento, parceiros, subcontratados, distribuidores, consultantes e clientes.

Estes sistemas PLM fornecem uma visão consistente de informações relativas à produtos através de toda a corporação, proporcionando o fácil compartilhamento de dados de produto em tempo real e colaboração sem fronteiras departamentais e geográficas dispersadas entre pessoas e equipes. Consequentemente o Aberdeen Group define como CPC e respectivamente PLM como "uma classe de software e serviços que utilize a tecnologia da Internet para permitir que pessoas – sem importar qual seu papel na comercialização de um produto, não importando a ferramenta computacional que é utilizada, não importando onde estão localizados geograficamente ou através da cadeia de suprimentos – colaborem desenvolvimento, construção e gestão de produtos através de todo o ciclo de vida dos produtos."

Também por volta do final da década de 90, surge uma nova perspectiva com relação à gestão dos dados dos produtos, com o desenvolvimento dos Sistemas de Gestão Integrada de Recursos Empresariais (ERP), assumindo o papel principal na automatização da gestão da informação gerencial. Resultado de uma evolução dos sistemas de gestão de estoques (tecnologia MRP) e dos sistemas de gestão de recursos de fabricação (tecnologia MRP-II), adicionando soluções em gestão de finanças, de controladoria e de recursos humanos associadas às de produção, surgiram os sistemas baseados na tecnologia ERP, que continuaram sua expansão de funcionalidades sob uma ótica de integração total dos processos de negócio da empresa. Os fornecedores dos sistemas desenvolveram, então, vários tipos de módulos para a gestão da informação de interesse à administração do processo produtivo, muitos dos quais vieram a incorporar as principais funcionalidades dos sistemas PDM.

A superposição de funcionalidades entre os sistemas ERP e PDM promoveu o surgimento de diversas propostas no sentido de permitir o melhor uso da integração dos sistemas. O resultado dessa visão integrada das informações de produto gerou a possibilidade de efetiva gestão de toda a informação relativa ao seu ciclo de vida, proporcionando a viabilização da integração eletrônica da informação de produto.

Deste modo, para tornar a empresa competitiva perante a este mercado, nota-se uma intensa busca em sentido de colaboração entre os *stakeholders* gerenciando os fluxos de processos da empresa, do ponto de vista estratégico do negócio. Deste modo, nota-se que com a evolução das ferramentas de desenvolvimento de produto integrado, a empresa pode estar focada em seu negócio, que é o desenvolvimento do produto, deixando que a ferramenta PLM possa gerenciar os demais processos, como a gestão de projetos. Este módulo dá a visibilidade necessária do item / produto como um todo, sendo que desta forma é possível obter uma visão estendida do projeto deste novo produto como um todo e de maneira integrada, conforme apresentado na figura 7.

Esta figura mostra até onde poderíamos encontrar a capacidade de gestão de informação de cada uma dos sistemas de gestão de produtos através do ciclo de vida. O que notamos é o fato de que inicialmente dada a concepção dos sistemas CAD somente tinha-se uma visão sobre o design de produtos e baixa gestão de visualização de dados e do digital mock-up (DMU). O CAD somente contemplava a etapa de desenvolvimento de produtos, ou seja, apenas uma parcela do ciclo de vida. Com o avanço das tecnologias, pode-se obter colaboração em termos de gestão de documentos e alterações de engenharia nos projetos, já incluindo outros departamentos no

processo de gestão. Pode-se notar então a interatividade entre os processos de desenvolvimento e as linhas de produção do produto. No estágio PLM, obtém-se o maior grau de interatividade, onde a ferramenta se torna útil na gestão de conhecimento, ou seja, realiza a gestão de toda informação referente aos produtos, fornecendo informações mais precisas para uma gestão de projeto de um produto mais eficiente, e integrando *players extra-company*, como fornecedores e clientes, conforme já citado.

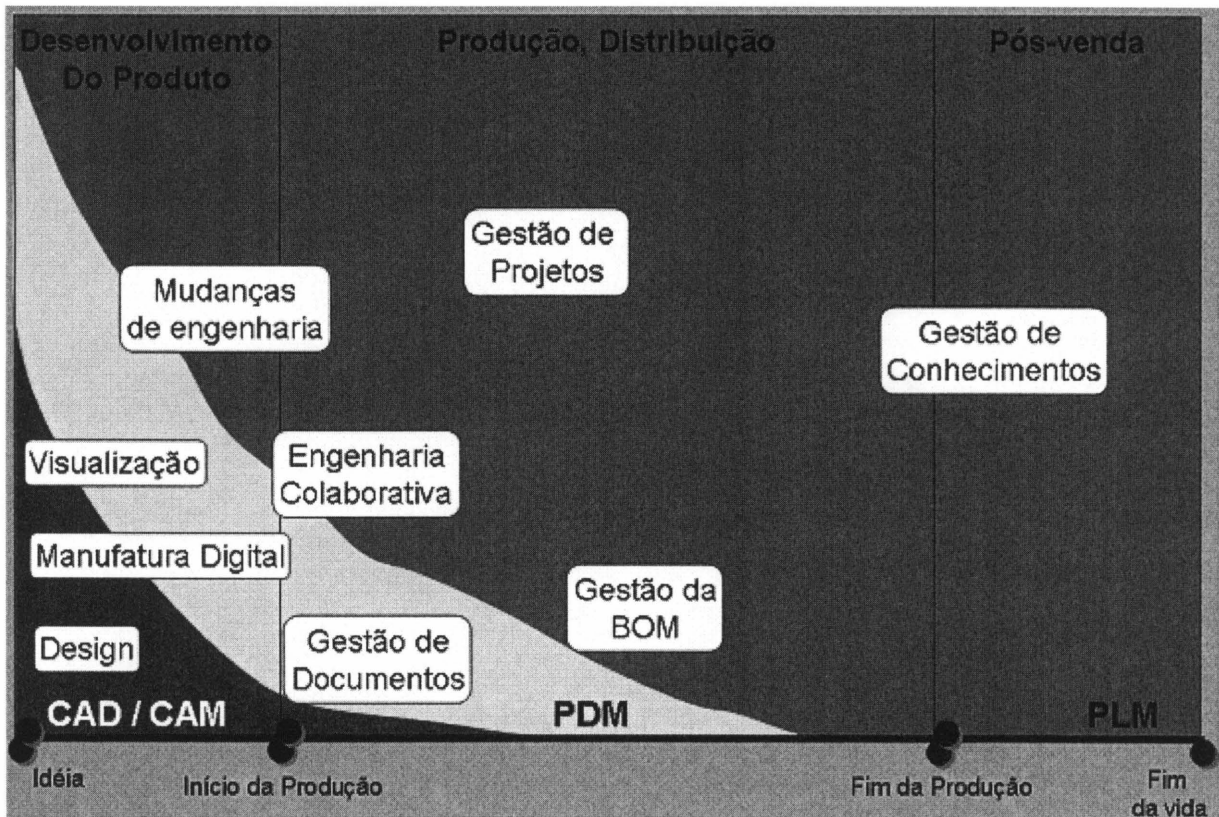


Figura 8: Evolução das tecnologias x nível de colaboração [Neto et al., 2007]

Portanto, para estar alinhado com tanto com a indústria como com as tendências sociais, e visando um diferencial competitivo, uma nova abordagem integrada para o ciclo de vida de um produto deve ser levada em consideração. A integração deve ser atingida primeiramente internamente, ou seja, entre os diferentes departamentos, e posteriormente externa, com fornecedores e clientes. Por este motivo, podemos também definir o PLM como "a gestão de informações complexas, precisas e temporais através do ciclo de vida do produto" para possibilitar a colaboração no desenvolvimento. Deste modo, sistemas PLM são também vistos como um facilitador para a integração do desenvolvimento de produtos de maneira integrada de analistas indústrias de pesquisa.

3 Processos e Estágios do PLM

O PLM é, conforme descrito na seção anterior, o processo de gestão de todo o ciclo de vida de um produto, desde a concepção, através do design e da manufatura, passando pela comercialização e descarte. Portanto nos dias de hoje este tipo de aplicação forma um dos quatro pilares da estrutura corporativa de TI, conforme ilustrado pela figura 8 [PTC, 2004]. Todas as empresas necessitam realizar a gestão da comunicação e informação com seus clientes (CRM – Customer Relationship Management) e fornecedores (SCM – Supply Chain Management) e os recursos dentro da empresa (ERP – Enterprise Resource Planning). Incluso a este fato, empresas de engenharia de manufatura devem também desenvolver, descrever, supervisionar e comunicar a informação sobre seus produtos (PLM).

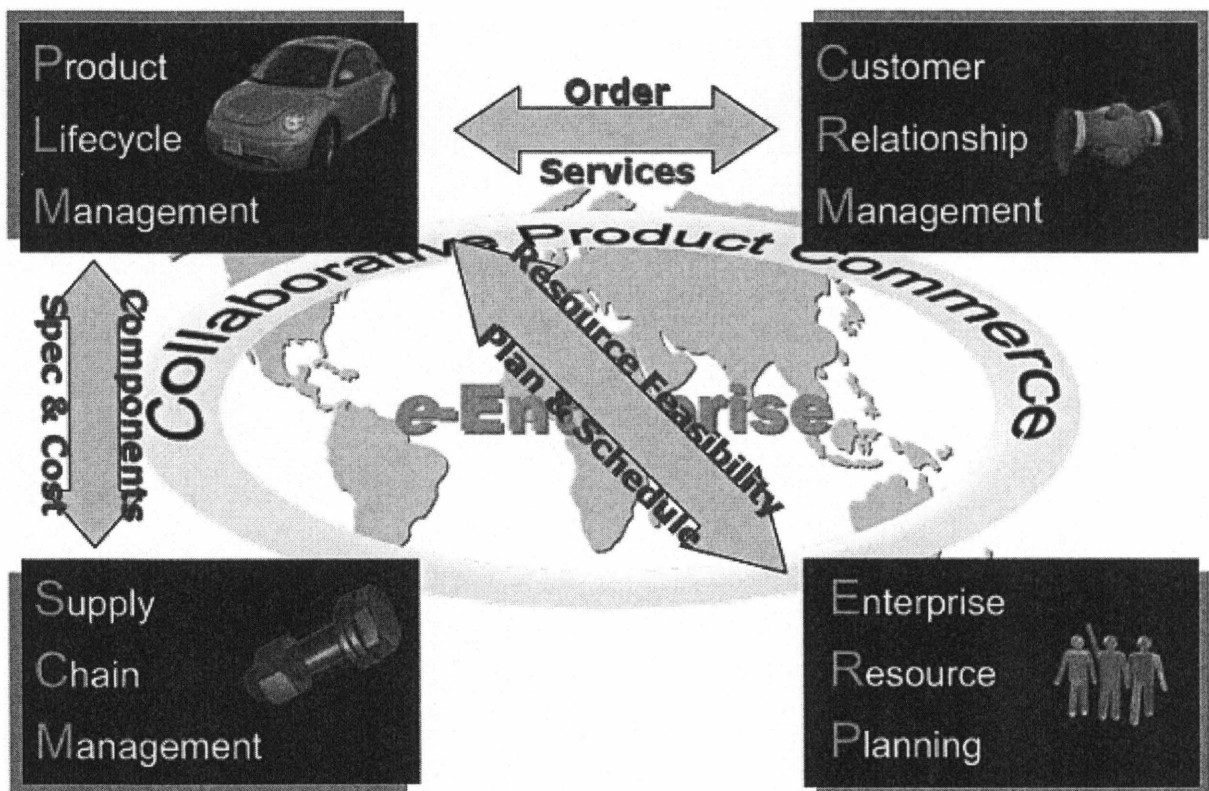


Figura 9: Quatro pilares de TI nas corporações [PTC, 2004]

Podemos citar como benefícios trazidos desta abordagem:

- Redução do tempo de lançamento em mercado
- Aumento da qualidade do produto
- Custos de protótipos reduzidos
- Redução de custos devido à reutilização de informação

- Modelo de otimização de produto
- Redução de desperdícios
- Integração completa dos fluxos de engenharia

É importante ressaltar que o sistema de Product Lifecycle Management (PLM) é, portanto mais relevante à gestão de descrições e propriedades de um produto através de seu desenvolvimento e vida útil, em maioria em um ponto de vista comercial e de engenharia; onde o Product life cycle management (PLCM) é referente à vida de um produto no mercado com respeito a medidas de custos e faturamento.

O Product lifecycle management (PLM) é a ferramenta de software normalmente aplicada a sistemas para permitir o processo de desenvolvimento de novos produtos – New Product Development (NPD).

Existem quatro áreas primárias para a solução PLM:

1. **Product and Portfolio Management (PPM):** Gestão de alocação de recursos, monitorar progresso ante o plano de projetos nos NPDs que estão no processo;
2. **Product Design (CAD):** Engenharia de concepção e informação sobre novos e alterações de produtos;
3. **Manufacturing Planning (MPM):** Programação dos insumos necessários para a fabricação do produto e programação de produção (PCP);
4. **Product Data Management (PDM):** Capturar e manter informação de produtos e serviços no seu ciclo de vida.

3.1 Processo de desenvolvimento

O “coração” do PLM está ligado à criação e a gestão centralizada de toda informação referente aos produtos e na tecnologia utilizada para acessar tais informações e conhecimento. O PLM, o qual exposto acima é o resultado de uma evolução dos sistemas já existentes CAD, CAM e PDM, através de metodologias, pessoas e processos através de todo o ciclo de vida do produto. Deste modo pode-se dizer que não é apenas uma ferramenta tecnológica e sim uma estratégia de negócios e um diferencial competitivo entre as empresas.

Cita-se abaixo um esboço simples dos estágios de um processo tradicional de engenharia. A ordem exata dos eventos e tarefas varia de acordo com cada tipo de produto e cada tipo de indústria, porém os processos padrões são válidos:

- Concepção
 - Especificação
 - Conceito
- Design
 - Design detalhado
 - Validação e análise
 - Simulação
 - Design de ferramentas
- Produção
 - Plano de manufatura
 - Manufatura
 - Construção / Montagem
 - Teste de qualidade
- Serviço
 - Venda
 - Entrega
 - Uso
 - Manutenção e Suporte
 - Descarte e Reciclagem

Porém os maiores pontos chave no processo são:

- Pedido
- Idéia
- Lançamento
- Congelamento do design

A realidade, contudo é muito mais complexa: pessoas e departamentos não podem realizar suas tarefas de maneira isolada e uma atividade não pode simplesmente aguardar o final de outra atividade para começar a próxima tarefa. O design é um processo iterativo, onde freqüentemente os mesmos necessitam ser modificado devido à restrições de manufatura ou um caderno de encargos conflitante. Onde exatamente um pedido de cliente entra nesta linha do tempo depende do tipo de indústria, onde os produtos podem ser:

- BTO – Build to Order (Construído para o pedido);
- ETO – Engineer to Order (Desenvolvido para o pedido);
- ou ATO – Assemble to Order (Montado para o pedido).

Muitas soluções de software foram desenvolvidas para organizar e integrar diferentes fases do ciclo de vida do produto. O PLM, portanto não deve ser visto apenas como um simples sistema de informação, mas sim como uma coleção de ferramentas e metodologias integradas endereçadas para atingir às metas nas fases iniciais do ciclo de vida do produto, ou conectar diferentes tarefas, ou até mesmo realizar a gestão de todo o processo.

Como serão mostrados, alguns fornecedores de soluções tentam cobrir todo o escopo PLM enquanto outros realizam apenas partes desta solução. Alguns aplicativos conseguem explorar os diversos campos do PLM através de uma mesma modelagem de dados. Contudo deverá ser notado que simples classificações de dados nem sempre estão relacionadas de maneira correta, portanto muitas das áreas se sobrepõem e muitos produtos de software cobrem mais de uma área e ainda assim não oferecem toda a solução desejada. Também não se deve esquecer que uma das principais metas da solução PLM é de coletar conhecimento que possa ser reutilizado para outros projetos e realizar a coordenação de desenvolvimento de vários produtos simultaneamente. Por isto, sempre se retrata à processos de negócio, pessoas e métodos tanto quanto um aplicativo de software. Apesar de o PLM estar em suma associado com tarefas de engenharia ele também envolve atividades de marketing tais como *Product Portfolio Management (PPM)* – Gestão de Portfólio e *New Product Introduction (NPI)* – Introdução de Novos Produtos.

3.1.1 Fase 1: Concepção (Imaginar, Especificar, Planejar, Inovar)

O primeiro estágio nesta idéia é a definição das necessidades baseados em requerimentos de clientes, empresas, mercado e legislação. A partir desta definição são especificados os principais

parâmetros técnicos do produto. Apesar de que frequentemente esta tarefa é realizada utilizando ferramentas básicas de software (*Office Tools*), existem hoje disponíveis vários sistemas específicos para completar os campos de gestão de requisitos e caderno de encargos.

Paralelamente às especificações, o trabalho do conceito inicial de maneira estética e visual do produto já pode ser analisado com seus principais atributos. Para o desenho industrial, o desenvolvimento pode dar-se através da simples utilização de um lápis e papel, modelagem em argila e até o nosso ponto de estudo, o design 3D CAID (*Computer aided industrial design software*).

3.1.2 Fase 2: Design (Descrever, Definir, Desenvolver, Testar, Analisar e Validar)

Neste ponto pode-se observar o design detalhado e o desenvolvimento da forma do produto, progredindo de teste em protótipo para piloto de lançamento até o produto acabado estiver pronto para ir ao mercado. Pode também envolver redesenho e necessidades de melhorias em produtos existentes assim como o planejamento da obsolescência. A principal ferramenta utilizada para o design e o desenvolvimento é o CAD (*Computer-aided design*). Este pode ser um simples desenho ou esboço em 2D ou até modelagem renderizada em 3D. Tais softwares incluem tecnologias tipo modelagem híbrida, engenharia reversa, KBE (*Knowledge-Based Engineering*), NDT (*Nondestructive testing*), construção e montagem.

Este passo cobre muitas disciplinas de engenharia tais como: Mecânica, Elétrica, Eletrônica, Software, e domínios específicos, incluindo Arquitetural, Aeroespacial, Automotiva, etc. Juntamente com a criação existe a análise de componentes e montagem de partes do produto. Tarefas de simulação, validação e otimização são realizadas utilizando sistemas CAE (*Computer-aided engineering*) seja integrado no pacote do sistema CAD ou de maneira *stand-alone*. Estes sistemas são utilizados para realizar tarefas como análise de stress, FEA (*Finite Element Analysis*); Cinética; Mecânica de Fluidos; e MES (*Mechanical Event Simulation*). O CAQ (*Computer-aided quality*) é utilizado para tarefas como análise de tolerância dimensional. Outra tarefa importante que será detalhada em outro capítulo específico é o suprimento de componentes, através de sistemas de *Procurement* (compras).

3.1.3 Fase 3: Produção (Manufaturar, Construir, Produzir, Vender e Entregar)

Uma vez o design dos componentes de um produto esteja completo a metodologia de manufatura é então definida. Isto inclui tarefas realizadas e desenvolvidas em CAD como design de ferramentas; criação de instruções de máquina para as partes do produto, utilizando ferramentas de CAM (*Computer-aided manufacturing*) integrado ou em separado. Isto também irá envolver ferramentas de análise para simulação de processos de operação como modelagem, prensagem, entre outras. Uma vez um método de manufatura esteja identificado, CPM entra em ação. Este envolve ferramentas de CAPE (*Computer-aided Production Engineering*) ou CAP/CAPP – (*Production Planning*) para auxiliar a fábrica, as plantas de manufatura e o layout de fábrica além de outras simulações de manufatura. Por exemplo: simulação de linha de manufatura; e ergonomia industrial; assim como a gestão de ferramentas de simulação. Uma vez os componentes manufaturados e seus aspectos geométricos de forma e tamanho podem ser verificados contra as especificações originais dos desenhos em CAD com o auxílio de software CAI - (*Computer Aided Inspection*). Paralelamente às atividades relacionadas a engenharia, a configuração de venda do produto e documentação de marketing já começam a ser desenvolvidas. Isto pode incluir transferência de dados de engenharia (geometria e lista de peças e *Part Numbers*) para, por exemplo, a um sistema de vendas baseado na web ou outros sistemas de publicação na internet.

3.1.4 Fase 4: Serviço (Usar, Suportar, Descontinuar, Reciclar e Descartar)

A fase final do ciclo de vida envolve a gestão de informação de serviço. Fornecer aos engenheiros de serviço ao cliente a informação necessária para reparar e manter, tanto quanto a gestão da logística de reciclagem de descarte de material. Isto envolve ferramentas como MRO – (*Maintenance, Repair and Operations Management*).

3.1.5 Todas as fases: Gestão do Ciclo de Vida (Comunicar, Gerir e Colaborar)

Nenhuma das fases apresentadas acima pode ser vista de maneira isolada. Obviamente um projeto colaborativo não acontece de forma perfeitamente sequencial ou isolado de outros projetos de desenvolvimento. Com isso, a informação flui através de diferentes processos, departamentos e pessoas. Uma grande parte do PLM pode-se dizer que está representada por coordenação e gestão de dados referentes às definições de produtos. Isto inclui gestão de mudanças em projetos de engenharia e status de lançamento de componentes; variações de configurações; gestão de documentação; planejamento de recursos de projeto, cronograma e assessoria de risco.

Para estas tarefas, informações gráficas, textuais e metadata como BOMs (Bill of Materials) de produtos devem ser coordenadas. Ao nível dos departamentos de engenharia o envolvimento é no nível do PDM – (*Product Data Management*), e no nível gerencial do EDM (*Enterprise Data Management*), o qual por vezes ambos acabam se confundindo em grandes empresas, uma vez que é muito comum encontrar mais de um sistema de gestão de informações de produtos na mesma empresa. Estes sistemas estão integrados com outros sistemas da empresa como SCM, CRM, e ERP. Associado a estes sistemas estão os de gestão de planeamento de projetos.

Estes são os papéis centrais das inúmeras ferramentas colaborativas de produtos que percorrem as organizações e processos.

3.2 Modelo de Referência PLM

Os modelos de referência PLM são exemplos de como se pode programar a solução de maneira estruturada, considerando a sinergia entre todos os departamentos. A figura abaixo mostra como estão relacionados os três eixos principais na decisão de qual modelo de referencia deve ser adotado:



Figura 10: Dimensões do modelo de referencia [Rozenfeld, 2008]

O *PLM Best Practice* foi lançado pelo PLMIG no ano de 2005, através de conferência internacional chamada *Open Days*, onde imediatamente tornou-se claro que os desafios eram muito mais complexos que simplesmente observar o que as principais empresas estão utilizando e consolidar os dados obtidos. A melhor compreensão destes desafios levou ao desenvolvimento

e lançamento do *PLM Benefits Reference Model*, que é estruturado no modelo de referencia *Best Practice*, porém visa atingir uma parte pré-definida no conceito inicial.

Muito trabalho foi realizado sobre o *Benefits Reference Model* em Londres e Boston, mostrando as necessidades da indústria para uma padronização dos modelos de referencia, e conseqüentemente na implantação de sistemas e metodologias PLM. O *PLM Maturity* foi então desenvolvido e assim dando segmento aos três modelos de referencia que estão relacionados da seguinte maneira (PLMIG, 2008):

- *PLM Maturity*: "Estamos neste ponto, e aqui é onde queremos chegar"
- *PLM Benefits*: "Isto é o que deveríamos ter ganhado até agora, e podemos esperar estes ganhos na continuação"
- *PLM Best Practice*: "Isto é o que a melhor indústria no meu segmento conseguiu"

O mais importante e aceito destes três modelos sem dúvida é o PLM Maturity.

3.2.1 Modelo de Referência: *PLM Maturity*

A necessidade do modelo de referência *PLM Maturity Reference Model* (MRM) tornou-se clara durante o lançamento do modelo *Benefits Model*. Para algumas empresas, a maioria dos sistemas PLM oferece a seguinte questão: "O que nós ganhamos com a implantação do PLM?", porém "Quanto da solução PLM nós caminhamos, e para onde vamos agora?" nunca é perguntado [PLMIG, 2008].

A idéia do PLM maturity model (refere-se ao COBIT generic maturity model) é a de descrever, de maneira geral, como uma empresa e seu corpo gerencial podem desenvolver e ampliar os conceitos de uma solução PLM para seus processos e sistemas de informação. A origem deste modelo está concentrada na idéia de fases e estágios, os quais normalmente as empresas atravessam quando passam por mudanças em sua cultura corporativa, processos, práticas gerenciais, conceitos de negócios, e modo de operação. Estes estágios representam o crescimento organizacional, aprendizado, e desenvolvimento que ocorre quando novos métodos são implantados em grandes corporações.

Uma das melhores aplicações práticas deste modelo pode ser determinada pela maturidade ou velocidade para uma grande corporação internacional pode implantar um programa corporativo de PLM. Usualmente, as várias partes envolvidas de uma grande empresa multinacional desenvolvem as soluções em diferentes ritmos e com pouco sincronismo. Algumas partes da corporação foram adquiridas ou rearranjadas e outras até mesmo desenvolvidas pelo puro desenvolvimento da corporação como um todo. Este tipo de desenvolvimento leva ao ponto onde os processos atuais, o conteúdo e as informações de produtos, a qualidade, e as habilidades dos empregados existem em diferentes níveis e em diferentes partes da organização. Para obter sucesso no desenvolvimento do negócio – e por consequência no PLM- os processos e informação de cada BU (*business unit*), unidade regional, ou área de produto deve ser reconhecida e entendida. Por este motivo o modelo de referência PLM Maturity pode ser muito útil neste tipo de análise.

O *Maturity Model* fornece um ponto de referência neutro para Benchmark absoluto do PLM. Ao invés de solicitar consultoria a outra empresa ou assessoria a uma empresa parceira para realizar benchmark, pode-se comparar sua própria implantação contra o modelo *Maturity*. Existem ferramentas disponíveis neste modelo para medir o progresso do projeto, e para produzir um mapa estratégico da implantação.

O modelo *Maturity* tem como principais utilizações:

- Descrever a maturidade de uma organização contra um padrão neutro;
- Demonstrar competência para parceiros potenciais;
- Fornecer informação para planejamento estratégico;
- Ajudar a definir atividades de implantação em médio prazo;
- Ajudar a definir estratégia e objetivos de longo prazo.

O modelo *Maturity* está em desenvolvimento pelo órgão regulador PLMIG através de duas atividades paralelas:

- Estabelecimento de um modelo de maturidade de PDM com empresas que estão buscando completar sua base PDM para no próximo passo mover para PLM;

- Desenvolvimento de padronização estratégica de implantação para as empresas, ou "Road to PLM", para empresas que necessitam uma visão em médio prazo, ou seja, visão de estratégia PLM para os próximos 1-5 anos.

Em muitas empresas, o mais visível, mas, porém mais complicado é como passar de uma plataforma PDM para uma estratégia PLM. Esta limitação pode ser tão grande que alguns podem se perguntar: "Não conseguimos passar ao PLM até que tenhamos completado nosso programa PDM atual". É necessário entender que um modelo previamente baseado em PDM servirá de referência para o lançamento do MRM – modelo *Maturity*. A tabela abaixo mostra os níveis de integração de uma empresa entre sua cultura e o modelo de referência PLM *Maturity*.

#	Definição	PLM maturity
1	Não estruturado	O PLM foi reconhecido e sua importância entendida. Deve se realizar trabalho para definir e desenvolver o conceito e padrões PLM. Contudo, neste momento, não há definição de sobre gestão do ciclo de vida de produtos; todo tipo de ciclo de vida de produtos e gestão de produtos é resolvida caso a caso e não de maneira integrada.
2	Repetitivo mas Intuitivo	Processos de gestão de ciclo de vida e gestão de produtos estão desenvolvidos até o ponto de que procedimentos similares são seguidos por diferentes pessoas com mesmas funções dentro de uma organização (procedimentos estão definidos em departamentos, porém processos através da organização não estão bem claros). Não há desenvolvimento formal, definição, treinamento, ou padronização de processos; então toda responsabilidade é atribuída a indivíduos. Existe alta dependência do conhecimento individual de cada um e, portanto há suscetibilidade a erros.
3	Definido	Processos e conceitos básicos estão padronizados, definidos, documentados, e comunicados através de manuais e treinamento (em nível corporativo, e em todas as unidades de negócio). Contudo, o fator humano ainda é muito importante, não há processo completo PLM suportado por TI, todo trabalho é feito parcialmente ou completamente manual, do ponto de vista de processos. Os sistemas de TI suportam apenas partes dos processos PLM. Os processos ou conceitos básicos PLM não são os melhores, tão pouco uniformes através da corporação, porém estão formalizados. Existe entendimento comum sobre como os processos PLM devem estar definidos no futuro.
4	Gerencial e Mensurável	É possível monitorar e medir o comprometimento entre processos e onde agir sobre estes processos cujos não estão funcionando corretamente. Processos e conceitos são constantemente revisados e melhorados e fornecem melhores práticas. Sistemas de TI que suportam a solução PLM funcionam bem. A automação de processos é feita manualmente ou de maneira limitada. Processos e conceitos são desenvolvidos claramente em toda a corporação. A uniformidade de

		processos é clara.
5	Ótimo	Processos e conceitos são refinados ao nível de melhores práticas, baseado em melhoria contínua e benchmarking com outras empresas. As soluções de TI são utilizadas de maneira integrada e automação de processos existe através de todo o processo PLM.

Tabela 1: Modelo PLM Maturity [PLMIG, 2008]

3.2.2 Modelo de Referência: PLM *Benefits*

A necessidade para um modelo padrão para a indústria torna o modelo PLM *Benefits* cada vez mais de alta prioridade tanto para fornecedores de solução e membros da PLM *Interest Group* (PLMIG).

A maioria das empresas pode explicar como iniciativa para o surgimento deste modelo em referência a problemas que encontraram em explicar e justificar os benefícios do PLM em uma dada situação. E freqüentemente entendia-se que encontrar tal justificativa era complexo e longo, mal sustentado, e medidas qualitativas nem sempre são bem aceitas pelo corpo gerencial.

Muitas pessoas conseguem explicar os benefícios de um bom modelo através de algo que tiveram experiência. Por exemplo, um usuário de uma empresa que acaba de se defrontar com o PLM dirá, "um modelo de referência PLM *Benefits* ajudará a explicar aos gestores porque se precisa de uma solução PLM, e quais serão os benefícios de tal solução".

E não são somente os fabricantes dizem que ajudará a reduzir os longos ciclos de vendas de soluções PLM; consultores e integradores de sistemas também dizem que o mercado aumentará para seus serviços; pesquisadores e acadêmicos vêem grandes oportunidades de pesquisa e desenvolvimento neste âmbito.

O modelo de referência PLM *Benefits* responderá perguntas do tipo: "quais serão os benefícios do PLM para uma empresa em particular em um segmento da indústria especificamente em uma determinada situação?". Seguramente utilizando este modelo a resposta sera: "De acordo com o entendimento geral da empresa e o modelo de referência PLM *Benefits*, os benefícios do PLM para esta determinada situação serão A, B, C e D". Este modelo apresenta excelentes resultados que para o CEO (*Chief Executive Officer* – Presidência) e o CFO (*Chief Financial Officer* – Diretor Financeiro) poderão entender de forma simples e clara, facilitando o rápido

desenvolvimento do PLM, e conseqüentemente um alcance rápido de resultados para o negócio da empresa.

O modelo otimiza tempo quando é necessário identificar uma nova situação, tornando-se mais fácil de se comunicar novas soluções em PLM, e fornecendo embasamento para decisões sobre investimentos em novos aplicativos e processos PLM.

3.2.3 Modelo de Referência: PLM *Best Practice*

Apesar de haver uma infinidade de exemplos de boas práticas e desenvolvimento avançado nas implantações atuais de soluções PLM, estas ainda não podem ser consideradas "melhores práticas" devido à falta de parâmetros ou métricas face ao que se pode ser medido efetivamente como *Best Practice*.

Estudos de caso são publicados para ilustrar casos de sucesso, mas seu nível de detalhamento é insuficiente para qualquer que corporação possa realmente tirar lições sobre a implantação. Não há grandes definições deste modelo pois ainda há indefinição de seus conceitos, os quais não estão amplamente difundidos.

Os problemas referentes à implantação do modelo PLM *Best Practice* estão relacionados com sua definição, mais do que resultados. Todavia ainda não temos muitos casos de sucesso presentes em ampla gama em diferentes segmentos de indústrias e por isso o difícil reconhecimento para que o modelo seja validado e utilizado por mais empresas.

Porém pode-se encontrar alguns casos de sucesso de empresas classe mundial que utilizam gerenciamento de ciclo de vida de produto. A Johnson & Johnson, com 250.000 especificações de produtos, 26 plantas fabris que trabalham com outras 56 empresas da área de marketing. Introduzindo PLM em sua planta conseguiu reduzir 25 sistemas de controle, segundo a Matrixone. Na área automobilística, além da FORD, VOLVO, FIAT e RENAULT, a HONDA, caso mais recente, conseguiu otimizar seus investimentos em TI, compartilhar as informações de seus produtos com seus fornecedores e clientes, gerenciando 30 milhões de objetos, com 6 milhões de relações entre esses mesmos. Outro caso interessante também é o da GE que trabalha com 16.753 usuários de um sistema de PLM colaborando entre si e com 4.005 fornecedores. Na

GE são 1 milhão de arquivos sendo gerenciados, que auxiliam inclusive na implantação de estratégias de “seis sigma” e para a redução de custos.

3.3 Análise mercadológica

Uma análise mercadológica conduzida pelo [CIM data group, 2006] pode ilustrar de maneira mais clara o crescimento do mercado de soluções PLM em âmbito mundial. Nota-se na figura abaixo que o mercado PLM cresceu três vezes de tamanho em cinco anos. Apesar de o mercado oferecer soluções há bastante tempo, somente nestes últimos anos o conceito de gestão colaborativa do ciclo de vida de produtos foi mais bem difundido e analisado a importância deste método. Os principais fabricantes têm desenvolvido simpósios e conferências sobre o tema e acredita-se que por este motivo estão sendo mais bem sucedidos em relação ao faturamento com suas ferramentas.

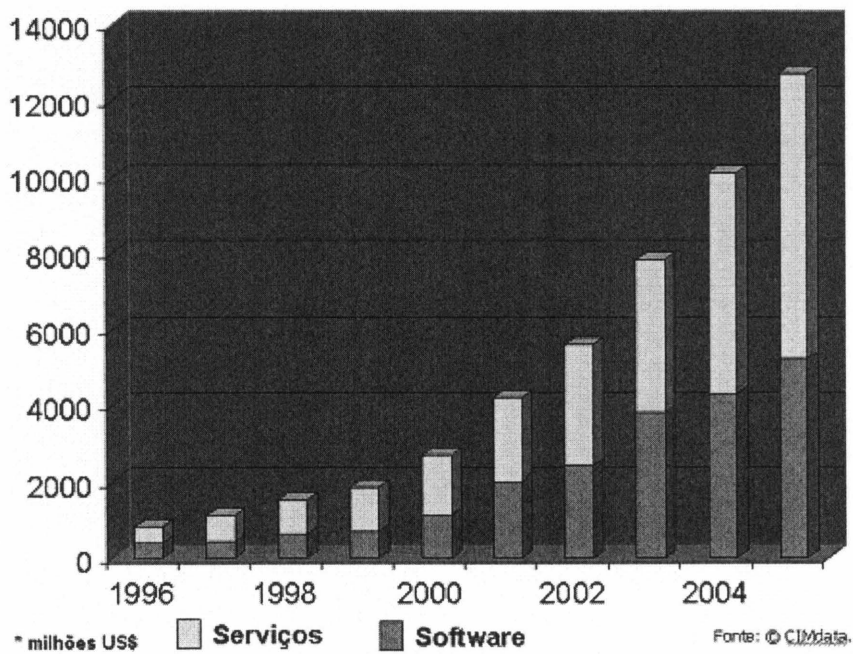


Figura 11: Mercado de PLM [Neto et al., 2007]

Cada vez mais nota-se uma grande diversidade de desenvolvedores de solução de ferramentas PLM. Hoje em dia os principais fabricantes do mercado são IBM, EDS, PTC, SAP e MatrixOne. Talvez o êxito destes fabricantes esteja associado ao fato de haverem conseguido traduzir de melhor maneira o conceito do PLM aliada às necessidades de cada cliente. Apesar disto, cada fabricante possui suas particularidades na solução e um estudo é necessário antes da definição do melhor parceiro para implantar a solução.

Na atualidade, os principais usuários das ferramentas proporcionadas por programas de PLM são da indústria automotiva, de bens de consumo, eletrônicos, alta tecnologia, de defesa e aeroespacial. Para essas companhias, segundo um dos maiores provedores dessas soluções no mundo, a taxa de retorno (ROI) pode ser conseguido rapidamente e com baixo comprometimento dos recursos em TI. Para isso se requer adotar processos de classe mundial e a boa utilização de metodologias PLM pode auxiliar na determinação de tais processos.

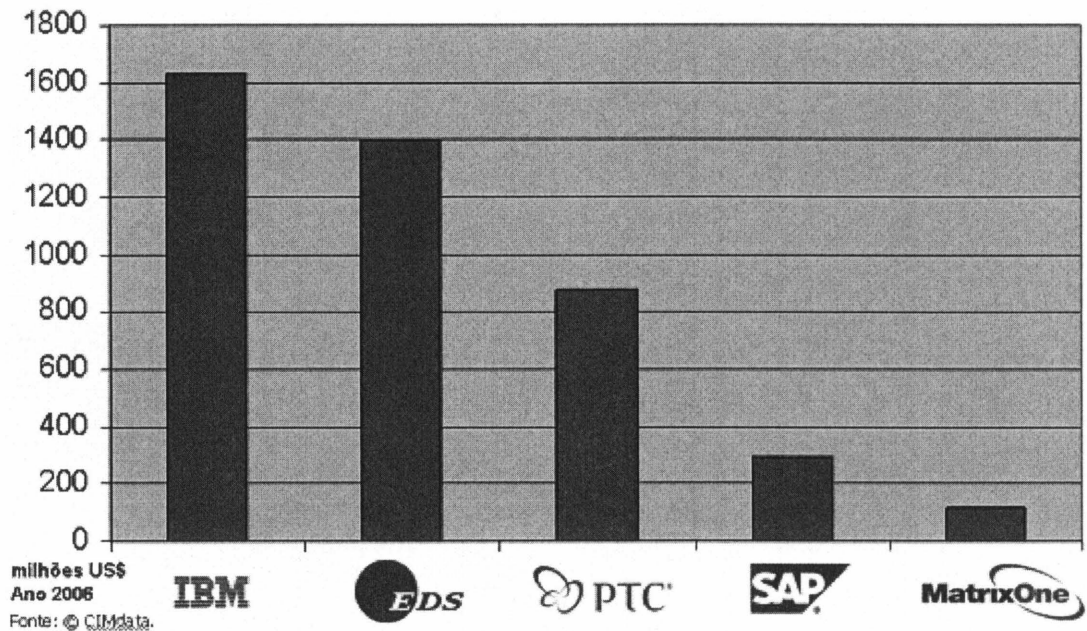


Figura 12: Volume de vendas de soluções por fabricante [Neto et al., 2007]

Apesar do estudo acima ser datado de dois anos ilustra de maneira fiel como esta dividido o mercado de soluções PLM. Hoje em dia entende-se que a SAP cresceu significativamente seu faturamento por ser um integrador de soluções ERP e não somente focar no PLM. Assim como a IBM que possui a maior representação no mercado destes sistemas. Porém para o autor a ferramenta que apresentou ser mais completa em termos da solução PLM é o Windchill PTC, por cobrir mais fases do processo, porém a baixa integração com outros ERPs o torna menos competitivo.

3.4 Ferramentas Atuais

O conceito de PLM refere-se à “capacidade de gerenciar, coordenar e executar todas as atividades de engenharia e gerenciamento durante todo o ciclo de vida do produto, para entregar o produto final com o melhor custo de aquisição e utilização”. Para esses autores, o conceito de PLM integra uma variedade de disciplinas, métodos, ferramentas e sistemas, abrangendo desde o

Desenvolvimento de Produto e a gestão dos Sistemas de Fabricação, com todas suas atividades e ferramentas (Computer-Aided Design-CAD, Computer-Aided Process Planning-CAPP, Computer-Aided Engineering-CAE, Computer-Aided Manufacturing-CAM, Product Data Management-PDM) até os Sistemas de Gerenciamento (Enterprise Resources Planning-ERP, Manufacturing Resources Planning-MRP, Customer Relationship Management-CRM, Supply Chain Management-SCM).

Com a consolidação da Internet como novo ambiente de negócios, esta nova abordagem orienta-se à gestão efetiva do produto durante todo o seu ciclo de vida, desde o gerenciamento do portfólio de produtos da empresa, passando pela geração, desenvolvimento e estruturação do conceito em ambientes colaborativos, pela gestão das mudanças de produto, chegando até a obsolescência e descarte do mesmo.

O fornecimento de sistemas de gestão de produto e engenharia pela indústria de TI atualmente fornece soluções de integração e colaboração em âmbito vertical para as empresas. Vimos que para o bom funcionamento de soluções colaborativas, as empresas devem se preparar para trabalhar de forma transversal, ou seja, uma organização definida por processos. Também foi notado que normalmente as empresas de maneira geral optam por soluções proprietárias quando se trata de assuntos colaborativos. Sistemas de suporte integrado verticalmente não fornecem a oportunidade de difundir inovações e novas idéias através dos usuários do time de projeto. Os desenvolvedores de solução, em particular o setor que suporta sistemas PLM, devem passar pelos mesmos processos de outras organizações transversais, para que possam assim finalmente fornecer soluções adequadas ao novo contexto de mercado e às inovações de empresas com alto grau de maturidade em desenvolvimento de produtos.

Várias arquiteturas para suporte ao PLM foram sugeridas. Em todos os casos, as duas principais funcionalidades existentes na atualidade são:

- Suporte de intercâmbio de informações através dos departamentos de pesquisa e desenvolvimento da empresa; e
- Suporte a dados, informação e integração do conhecimento interdepartamental.

Um estudo conduzido por [Subrahmanian, 2005] identificou que as ferramentas de suporte ao PLM, conforme abaixo, mostra que ainda temos deficiências e soluções incompletas. O estudo apresenta resultados que vão além do design colaborativo. Alguns fabricantes cobrem várias áreas, enquanto existem outras áreas que estão parcialmente cobertas ou totalmente descobertas. Portanto nos dias de hoje, as empresas não podem simplesmente confiar todas as áreas cobertas pelo PLM para um único provedor de solução, pois nenhum apresenta uma ferramenta completa. Sem haver padronização, torna-se inviável para um desenvolvedor introduzir uma ferramenta que seja tecnologicamente inovadora do ponto de vista da interoperabilidade através das necessidades funcionais das corporações. Somente algumas empresas de TI possuem uma solução parcialmente integrada que possa ajudar no suporte ao PLM.

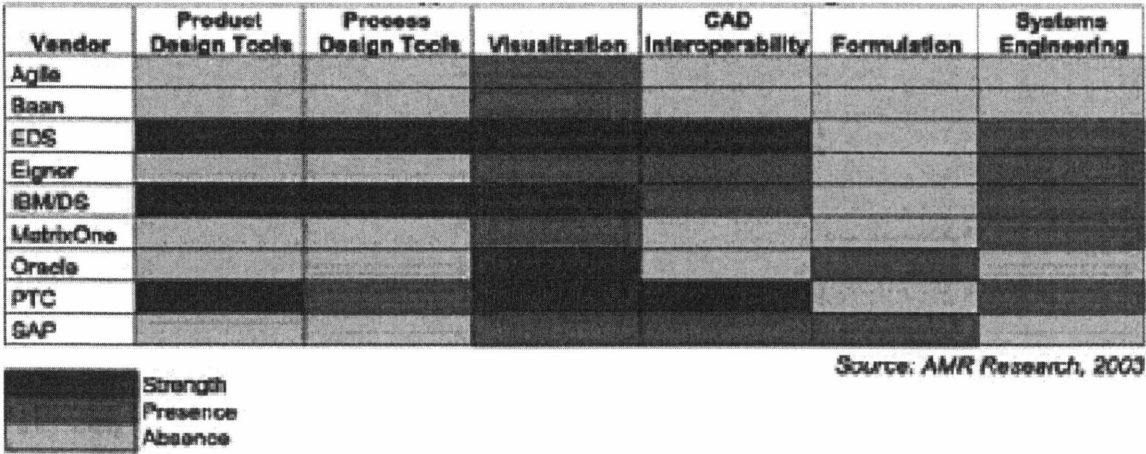


Figura 13: Análise de fornecedores para desenvolvimento colaborativo [Johansson e Uvhagen, 2001]

Os estudos conduzidos e mostrados acima e as informações relativas à cobertura e interoperabilidade que é viável nas ferramentas disponíveis no mercado mostram que não estão preparadas para os desafios modernos de desenvolvimento e gestão de produtos. Além disso, não possuem a padronização de maneira apropriada para permitir integração total com outros sistemas. Sem possuir esta padronização adequada, as PME's poderão necessitar de várias ferramentas e soluções para servir diferentes clientes ou até mesmo utilizar diferentes serviços que são externos às organizações, para estar apto a traduzir os formatos de informação necessários pelos clientes PME's.

Os padrões atuais, particularmente na área de CAD, têm produzido melhorias diretamente em termos de produtividade, especialmente no campo da manufatura, através da redução de custos transacionais e ainda mais por ter aumentado a riqueza das interações entre fornecedores e

clientes através da cadeia de suprimentos. Os custos reais da baixa interoperabilidade são difíceis de serem medidas e normalmente esquecidas devido às atividades rotineiras diárias associadas às funções individuais, causando certo esquecimento das necessidades de transferências e interatividades ligadas ao intercâmbio de informação. Devido à esta problemática, pode-se notar a grande dificuldade de empresas PME's para entrar finalmente na era da informação, utilizando-se de soluções adequadas de TI.

Os pré-requisitos técnicos para ferramentas de colaboração têm aumentado radicalmente nos últimos anos e existe especialmente uma gama de ferramentas de design colaborativo disponível no mercado hoje. Os desenvolvedores de solução fornecem vários níveis de colaboração (desde um simples *viewer* assíncrono 2D mas também ambientes avançados que facilitam modificações simultâneas de *mockups* digitais em tempo real. Apesar do mercado para este tipo de produtos ser relativamente imaturo, ele oferece produtos para todo tipo de usuário.

Outro estudo [Johansson e Uvhagen, 2001] mostra um comparativo entre alguns aplicativos e ferramentas disponíveis no mercado para o design e desenvolvimento colaborativo de novos produtos.

Nota-se que a tecnologia necessária para facilitar o design colaborativo existe, porém devido ao fato de não haver provas concretas de casos de sucesso ou de companhias em que a solução esteja funcionando realmente, algumas empresas hesitam em realizar investimentos. Caso a ferramenta apresente problemas, esta pode causar interrupções no processo, entende-se que se faz necessário saber se a ferramenta é realmente confiável antes de implantá-la. Mas desde que algumas empresas comecem a utilizar estas ferramentas, outras empresas seguramente as seguirão e assim os aplicativos de hoje serão mais avançados em termos de colaboração e com funcionalidades mais avançadas.

	OneSpace	VisMockUp	Alibre Design	MYRIAD	AutoVue	VisView	Brava! WebKit	ViewCafé	SpinFire	3DView
Interface										
User configurable interface	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Different languages.	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Viewing										
Exact geometry	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
2D-Cad data	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
3D-Cad data	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Pictures	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Text documents	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No
Charts	Yes	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No
Native format	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Neutral format	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Structures	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
2D-Rotate	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
3D-Rotate	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Mirror	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Zoom	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Multiple views	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Markup										
Redlining	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Annotation	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Display markups by author	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Store markups in separate files	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Printing										
Print different views	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Print from anywhere	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Print markups with document	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Measuring										
Exact measurements	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Visibility										
Sectioning	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes
Layers	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Parts	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Real-time interaction										
View the same file	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Pointers	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No
Simultaneous modifying	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	Yes	No
Saving data										
Automatic change logs	Yes	No	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	No
Session notes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No
Architecture										
Client-Server solution	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Web-based solution	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Licensing										
Concurrent network licenses	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Standalone licenses	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Environment										
Existing integration to eMatrix	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Independent of your products	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No

Figura 14: Quadro de funcionalidades das ferramentas atuais [Johansson e Uvhagen, 2001]

4 Metodologia PLM para suportar projetos de desenvolvimento de novos produtos

A organização deve procurar sistemas que aumentem a flexibilidade e a agilidade de seus negócios, permitindo assim responder, de maneira eficiente e efetiva, às novas mudanças, novos mercados e concorrência. Essas características são os diferenciais encontrados em estratégias de PLM para uma empresa de classe mundial. Especificamente, acredita-se que três fatores críticos de sucesso devem conduzir a estratégia de PLM de uma organização [Santos 2004]:

- **Inovação** - empresas devem aproveitar seu capital intelectual e inovar, dentro dos processos e organizações diretamente relacionados ao produto;
- **Execução** - redução de custos, melhoria da qualidade, achatamento do “time to market” e um alto ROI (retorno sobre investimento) somente podem ser conseguidos com transparência total na gestão dos processos. A gestão de um programa global e a colaboração de todos os envolvidos é evidente através da cadeia de valor da empresa;
- **Velocidade** - uma estrutura reconfigurável, processos e a escolha de ferramentas independentes são essenciais para proporcionar velocidade e manutenção do controle como oposição a mera pretensão de se fazer as coisas de maneira veloz.

O que se constata na prática é que, para uma empresa ser bem sucedida no mercado global de hoje, a escolha de uma solução e de uma estratégia correta de PLM não é uma opção – é uma necessidade competitiva.

Por este motivo, considerando os pontos citados acima e analisando a necessidade de integração entre as áreas e departamentos de empresas e indo além destas fronteiras passando por fornecedores e até mesmo clientes, podemos definir na figura abaixo qual o processo na gestão do ciclo de vida de um produto. Esta gestão passa por níveis de engenharia colaborativa onde a solução PLM pode definitivamente sanar os problemas de comunicação e interatividade entre as áreas e os processos definidos desde o desenvolvimento, passando pela maturidade e chegando a descontinuação de um produto, facilitado a visibilidade entre todas as partes envolvidas no projeto.

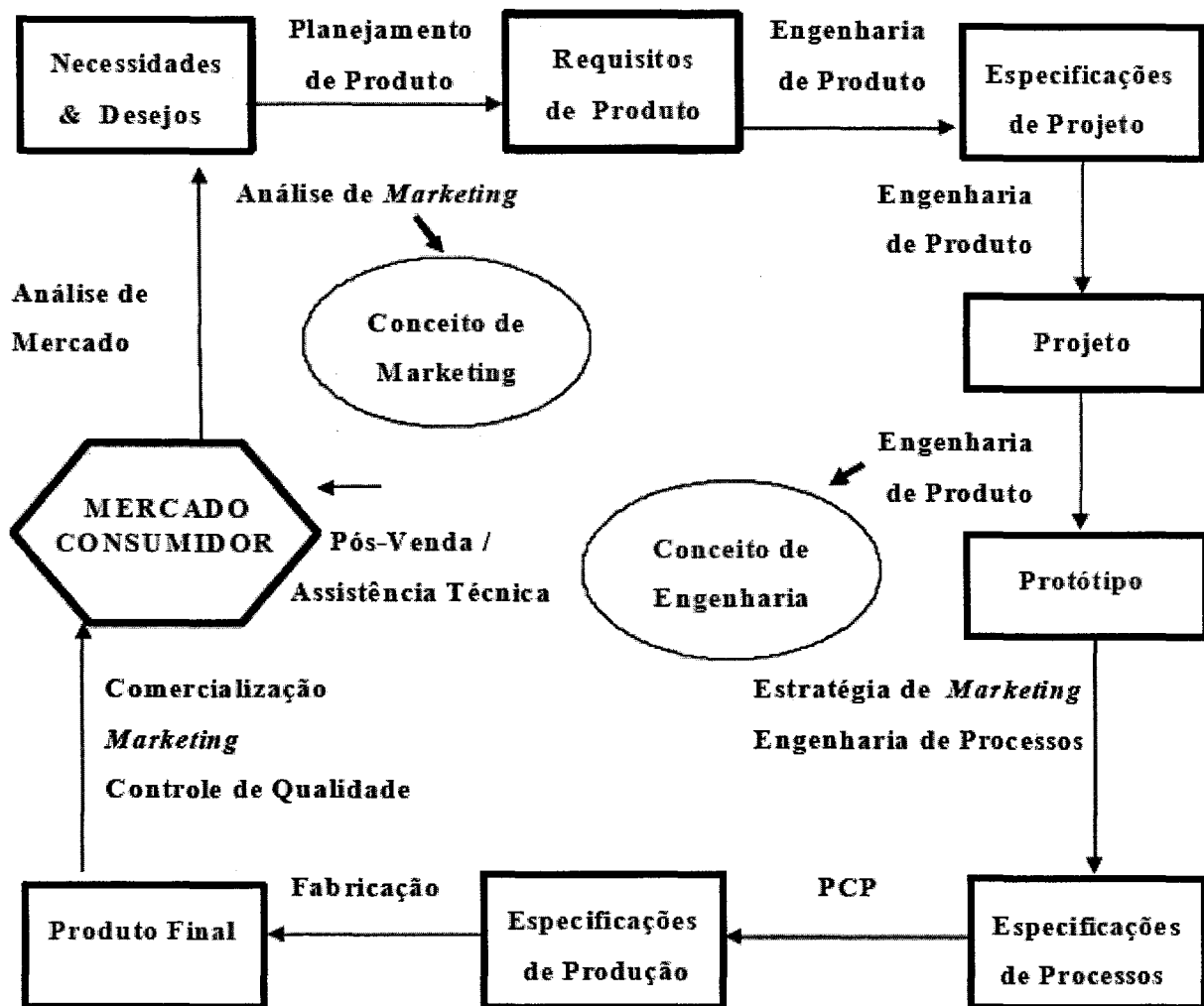


Figura 15: Ciclo de atividades efetuadas na gestão do ciclo de vida do produto [Fachinello e Cunha, 2004]

Pautado por esta perspectiva de facilitar o acesso à informação, o conceito de PLM baseou-se ainda em algumas metodologias desenvolvidas nas últimas décadas, como a Engenharia Concorrente (CE) - Engenharia Simultânea - e o Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP). Por ter suas bases em tais metodologias de Desenvolvimento de Produtos, o conceito de PLM engloba pessoas de todas as áreas e de todas as funções intervenientes no processo, constituindo-se, assim, num processo de gestão de conhecimento de natureza notadamente transdisciplinar.

Note-se que o conceito de PLM também se baseia no fato de que poucas companhias, na economia moderna, criam produtos usando apenas seus próprios recursos. O enquadramento do conceito de trabalho colaborativo ao cenário da operação em cadeias de empresas tem conduzido muitas organizações à obtenção de sucesso nas atividades relacionadas ao desenvolvimento de um produto, através da organização de redes colaborativas (Collaborative Networks). A base de estruturação dessas redes tem sido a capacidade de uma adequada realização do Gerenciamento de Alianças (parcerias) e do Gerenciamento do Portfólio de forma distribuída, mais do que o

desenho da cadeia propriamente dita. Fornecedores e parceiros de negócio que não conseguem responder aos novos requisitos tendem a ficar de fora dos novos empreendimentos. Assim, o PLM, conceito nascido neste contexto, pauta-se também pela lógica do trabalho colaborativo interempresarial, expandindo, portanto, a natureza do trabalho interfuncional no modo inspirado pela Engenharia Concorrente e pelo Desenvolvimento Integrado de Produto.

Outra forma de se entender como o conceito PLM abrange o processo de desenvolvimento de novos produtos pode ser visto conforme descrição na figura 16 abaixo.

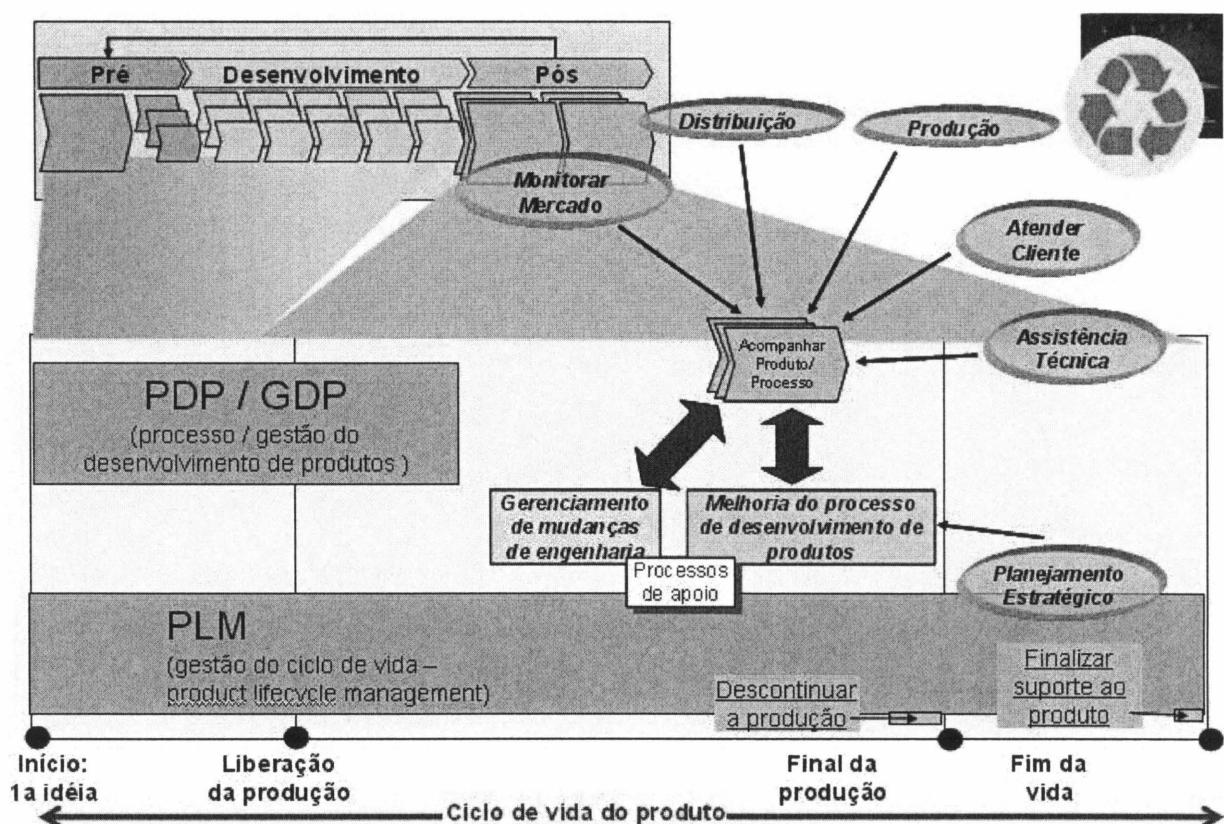


Figura 16: Definições de PDP/GDP x PLM [Rozenfeld, H., 2008 – adaptado]

Deste modo podemos notar que o PLM deve se estender por todo o ciclo de vida do produto auxiliando também no suporte à pós-vendas, produção e descontinuação, pois alguns destes processos, por exemplo, tem implicação direta em re-engenharia, o que acarreta em re-desenvolvimento. Também no plano estratégico deve estar bem claro o acompanhamento do desempenho do produto como um todo, desde sua concepção até a descontinuidade.

4.1 Soluções Atuais

Um grande número de metodologias foram adotadas pelas soluções PLM e foram aprimoradas. Juntamente com técnicas digitais de engenharia PLM, estas foram mais bem desenvolvidas para atender as metas das empresas tais como reduzir tempo para o mercado, e menores custos de fabricação. A redução de *lead times* é um fator importante para colocar um produto disponível no mercado mais rapidamente que a concorrência, auxiliando com maiores margens e faturamento e aumentando participação de mercado.

Dentre estas técnicas podemos encontrar:

- Engenharia concorrente;
- Desenho industrial;
- Bottom-up design;
- Top-down design;
- Design contextual;
- Design modular;
- NPD (*New product development*);
- DFSS (*Design for Six Sigma*);
- DFMA (*Design for manufacture / assembly*);
- Engenharia de simulação digital;
- Design para especificações;
- Outros.

Aqui serão apresentadas algumas das metodologias mais utilizadas na implantação de projetos PLM, assim como uma proposta de metodologia utilizando múltiplas técnicas.

4.1.1 Engenharia concorrente

Este é um fluxo de trabalho mais do que trabalho em fases sequenciais, que carrega um número de tarefas em paralelo. Por exemplo: iniciar o desenho da ferramenta de design antes que dos desenhos detalhados do produto final esteja terminado, ou a engenharia começar a trabalhar no design detalhado de modelagem sólida antes que o conceito de design superfícies esteja completo. Apesar de isto não necessariamente reduzir a quantidade de recursos humanos

necessários para um projeto, isto reduz o tempo de implantação consideravelmente e conseqüentemente o tempo para lançamento no mercado deste produto. Sistemas baseados em CAD permitiram por muitos anos o trabalho simultâneo em modelagem 3D e os desenhos 2D em trabalho iterativo em dois arquivos diferentes, assim sendo quando o modelo muda o desenho associado a ele é automaticamente atualizado. Tendo em vista o caráter incremental de aprimoramento do processo de projeto, um primeiro e importante passo na configuração da prática de projeto simultâneo é o desenvolvimento em conjunto e integrado de todas as características do produto e de sua produção (integração projeto - produção), tendo como ponto de partida os anseios e necessidades dos clientes, conforme a figura abaixo:

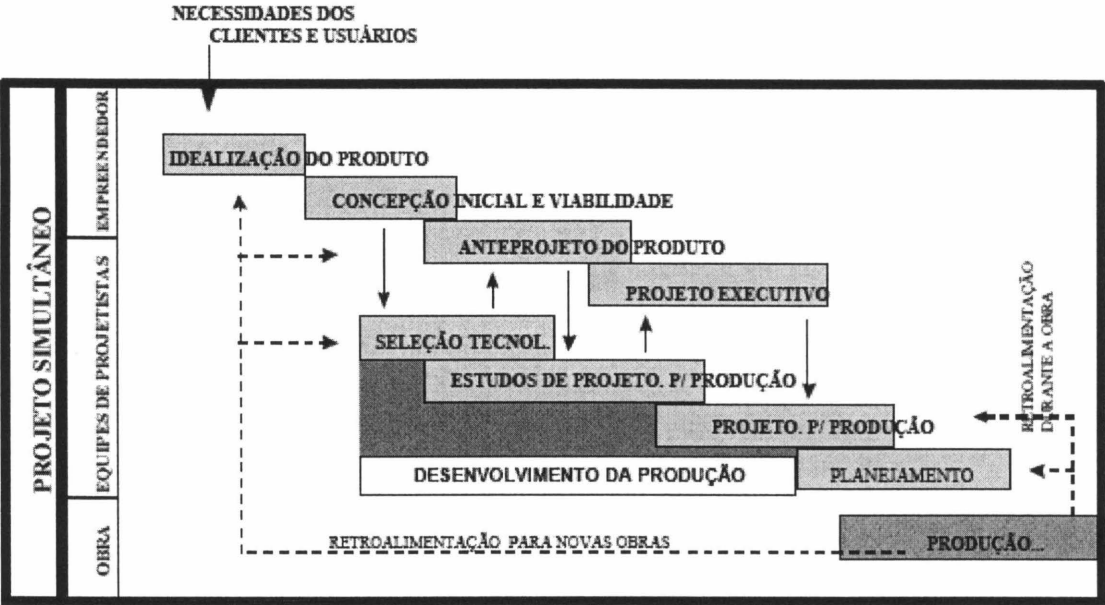


Figura 17: Interação de etapas no desenvolvimento [Fabrício e Melhado, 2000].

A engenharia concorrente também trás o benefício em fornecer uma melhor e imediata comunicação entre departamentos, reduzindo a chance de custosas modificações nos últimos estágios de desenvolvimento. Adota um método de prevenção de problemas ao invés da simples resolução dos mesmos e o método de redesenho na engenharia sequencial tradicional. Pode-se considerar que este método é um dos melhores visando à otimização de processos, fazendo com que seja amplamente adotado atualmente por diversas empresas de desenvolvimento de produtos.

4.1.2 Bottom-up

O design *Bottom-up* é onde por definição os modelos 3D de um produto começam com a construção de modelos individuais de componentes. Estes então são virtualmente acoplados em subdivisões do produto até que a definição completa do produto esteja digitalmente finalizada.

A lista de materiais (BOM) que contém todos os componentes físicos; e também pode conter outros itens necessários para a definição do BOM tais como pintura e cola, óleos e outros materiais comumente descritos como itens granel para concepção do produto final. Itens granel são tipicamente inseridos nos projetos com massa e quantidade, porém não podem ser modelados geometricamente.

Esta metodologia funciona de modo que o desenho é efetuado a partir de módulos independentes (ao invés de decomposição). Com esta metodologia são criados pequenos módulos que poderão ser agrupados para criar módulos cada vez maiores até compor novamente o sistema como um todo. Como exemplo do mundo real, pode-se pensar na criação de um computador em que as peças são criadas independentemente uma das outras e encaixadas logicamente para compor o módulo principal. Isto mostra que dificilmente uma empresa constrói todas as peças que compõe um computador, pois implicaria em desenvolver chips, placas, fontes, BIOS, etc, o que inevitavelmente seria uma empreitada muito perigosa devido à incrível velocidade com que a Informática se renova a cada dia; esses componentes estariam obsoletos em pouco tempo. Ao invés disso, utilizam-se peças que se encaixam para produzirem novas peças podem ser produzidas até por terceiros [Leite, 2000].

Isto é criar pequenos módulos que se encaixam a outros com o objetivo de compor o todo. Essa técnica é chamada de reutilização, e muito embora leve mais tempo para criar programas modulares devido à procura de soluções genéricas, estaria sendo criado um código reutilizável; pois algumas partes do próximo programa já estariam prontas e depuradas. Assim, dentro de pouco tempo estaria disponível uma biblioteca de módulos genéricos que poderiam ser inseridos no próximo software, aumentando a produtividade e facilitando a manutenção.

4.1.3 Top-down

Entende-se como estratégia top-down à construção de modelos dinâmicos através de um refinamento sucessivo, em que cada refinamento acrescenta novos detalhes aos modelos que eram abstratos no refinamento anterior. Parte-se da modelagem da colaboração entre

subsistemas, para a modelagem do comportamento dos subsistemas. Este processo resulta geralmente, porém não sempre, em um modelo hierarquizado, em que cada nível ou camada, no sentido do topo ao fundo da hierarquia, é mais detalhado, e, portanto, menos abstrato.

No design *Top-down* há um verdadeiro desenho de processos. Este começa com um modelo de *lay-out*, normalmente um simples rascunho em 2D definindo os tamanhos básicos e alguns parâmetros em grande escala. No desenho industrial, são adicionadas ideias criativas para o desenvolvimento do produto. Os aspectos geométricos deste desenho são então passados para o próximo estágio, que representa diferentes subsistemas de um produto. A geometria destes subsistemas é então usada para definir maiores detalhes nos próximos níveis. Dependendo da complexidade do produto, um grande número de níveis de montagem é criado até que as definições básicas dos componentes possam ser identificadas. Esta informação é então associada aos arquivos dos componentes. Nestes arquivos os componentes são detalhados; e neste estágio pode-se dizer que a montagem clássica do *bottom-up* começa.

4.1.4 NPD – New product development

Um processo efetivo de NPD de modo geral segue os cinco passos descritos pela figura 18, de maneira seqüencial, altamente interativo e por vezes até mesmo concorrente. Este processo basicamente engloba todos os outros em diferentes fases da metodologia, desde a concepção (*bottom-up e top-down*), filtro (*business cases* e estudos de viabilidade), design (desenvolvimento de protótipos, Quality Function Deployment – QFD, Design for Manufacturing – DFM), testes e lançamento.

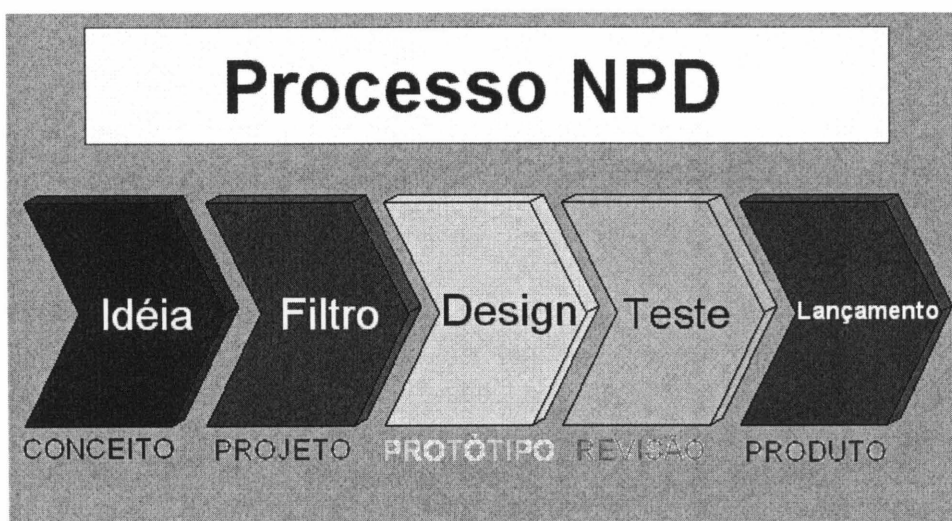


Figura 18: Projeto NPD [Homak, 2008]

Idealização

- ☐ A idealização de novos produtos (linhas de produto ou característica) pode ser obtida através de análise SWOT, análise de mercado e tendências de consumo, desenvolvimento de P&D, análise de concorrência, necessidade de vendas.
- ☐ *Brainstorming* pode ser iniciado após um estudo de viabilidade para suportar as idéias que chegarão à próxima fase de desenvolvimento.

Filtragem

- ☐ Reduzir conceitos inviáveis e sem foco no cliente
- ☐ Estimativa de preço público com base na concorrência e estimativa de custos
- ☐ Previsão de vendas e gestão da demanda
- ☐ Estimar rentabilidade e ponto de retorno de investimento
- ☐ Detalhamento de especificações de marketing e engenharia
- ☐ Teste do conceito com pesquisa de mercado

Projeto

- ☐ Prototipagem
- ☐ Teste do protótipo com consumidores
- ☐ Re-engenharia e revisões de projeto

Produção e Testes

- ☐ Caderno de encargos e especificações
- ☐ Planejamento operacional de produção e engenharia
- ☐ Cronograma
- ☐ Colaboração de fornecedores
- ☐ Planejamento logístico
- ☐ Planejamento de recursos
- ☐ Plano de contingência

Comercialização

- ☐ Lançamento do produto
- ☐ Promoção do produto
- ☐ Abastecimento da cadeia de suprimentos

A maioria de líderes do mercado vê o desenvolvimento de novos produtos como um processo dinâmico onde os recursos estejam alocados para identificar mudanças de mercado e apreender sobre as oportunidades de produtos antes que ocorram (em contraste com uma estratégia reativa em que nada é feito até que os problemas ocorram ou a concorrência introduz alguma inovação). Muitos destas indústrias líderes vêem o desenvolvimento de produtos como um processo em constante revisão (referido como o desenvolvimento contínuo) em que a organização inteira está procurando sempre novas oportunidades.

Como o processo NPD exige tipicamente tanto da engenharia quanto do bom conhecimento do mercado, as equipes inter-funcionais são uma maneira comum de organizar projetos. A equipe é responsável por todos os aspectos do projeto, da geração inicial da idéia à comercialização final, e relatam geralmente à alta administração (frequentemente para um vice-presidente ou a um gerente de projeto). Nas indústrias onde o desenvolvimento de produtos apresenta maior complexidade técnica, os custos com pesquisa e desenvolvimento são tipicamente altos, e os ciclos de vida de produto são relativamente curtos, estratégias entre diversas organizações auxiliam a “espalhar” os custos, fornecendo acessibilidade ao processo como um todo.

4.1.5 DFSS – Design for Six Sigma

Considerando-se o Design for Six Sigma em sua definição mais abrangente e simplificada, ou seja, que o DFSS é uma aplicação do Seis Sigma para projetos e desenvolvimento de novos produtos e serviços, assim como o Seis Sigma, os dois pontos fundamentais são: a metodologia fortemente estruturada e o alto comprometimento da direção da empresa [Fioravanti 2005].

Há uma grande diferenciação entre as duas vertentes que pode ser mais bem visualizado através da figura 15 abaixo. Ela mostra a relação em que estão situadas as estratégias de Seis Sigma, com foco na resolução de problemas de produção e manufatura em contrário ao DFSS, que aborda as mudanças e controles relativos ao design, às pesquisas e ao desenvolvimento de novos produtos.

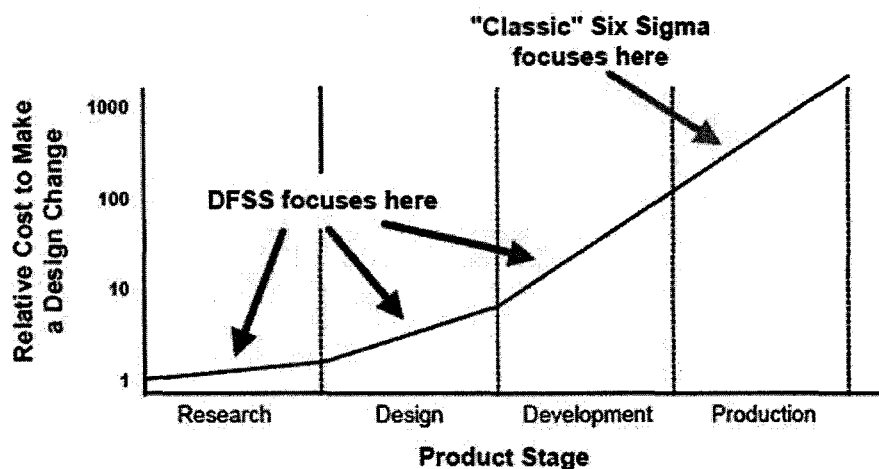


Figura 19: Comparação entre Six-Sigma e DFSS [Werkema, 2002].

A metodologia DMADV, é o método utilizado para aplicação do DFSS em projetos em grandes corporações. Este método é constituído por cinco etapas que são descritas a seguir, enfocando seus objetivos e os principais resultados esperados.

- ❑ **DEFINIR:** nesta etapa, o objetivo é definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado. Como principais resultados esperados têm-se: a justificativa para o desenvolvimento do projeto, o potencial de mercado para o novo produto, a análise preliminar da viabilidade técnica e econômica, previsão da data de conclusão do projeto e a estimativa dos recursos necessários;
 - Análise de Regressão / Fatorial: definir e avaliar os mercados alvo;
 - Diagrama de Relações / Matriz: avaliar a viabilidade técnica;
 - Diagrama de Gantt: elaborar um cronograma detalhado do projeto;
 - Diagrama do Processo Decisório: preparar a próxima etapa MEDIR.
- ❑ **MEDIR:** seu objetivo é identificar as necessidades dos clientes/consumidores e traduzi-las em características críticas para a qualidade, mensuráveis e priorizadas do produto. Os resultados esperados são o de obter uma análise detalhada do mercado e a formulação de características críticas do produto para o atendimento às necessidades dos clientes/consumidores;
 - Plano de Coleta de Dados: estudar as necessidades dos clientes;
 - Benchmarking: analisar os principais concorrentes;

- Diagrama de Causa e Efeito / QFD: estabelecer as características críticas para a qualidade do produto a ser projetado;
- ❑ **ANALISAR:** selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas para o projeto é o objetivo desta fase. Como resultados esperados têm-se: obter a definição das principais funções a ser projetado para o atendimento das necessidades dos clientes/consumidores, obter a avaliação técnica dos diferentes conceitos disponíveis e a consequente seleção do melhor e, por último, obter a análise financeira detalhada do projeto;
 - Análise de Pugh / TRIZ / DFM/DFA: identificar as funções, gerar os conceitos e selecionar o melhor deles para o produto;
 - Fluxo de caixa projetado: analisar a viabilidade econômica;
 - Diagrama de Gantt: planejar as próximas etapas DESENVOLVER e VERIFICAR;
 - Design Charter: resumir as conclusões das etapas anteriores MEDIR e ANALISAR;
- ❑ **DESENVOLVER:** como o próprio nome diz, o objetivo desta etapa é desenvolver o projeto detalhado, realizar os testes necessários e preparar para a produção em pequena e em larga escala. Como principais resultados esperados têm-se: o desenvolvimento físico do produto e a realização de testes, a análise do mercado e a receptividade esperada dos clientes/consumidores sobre os protótipos avaliados, o planejamento da produção, o planejamento do lançamento no mercado, a análise financeira atualizada do projeto;
 - FMEA / Planejamento de Experimentos: desenvolver o projeto detalhado do produto, construindo protótipos;
 - Testes de Vida Acelerados: realizar testes funcionais;
 - Carta de Controle / Índice de Capacidade de Processo: planejar a produção.
- ❑ **VERIFICAR:** nesta última etapa, o objetivo é testar e validar a viabilidade do projeto, e lançar o novo produto no mercado. Têm-se como resultados esperados a obtenção de êxito no lançamento do produto no mercado, bem como a obtenção das avaliações do desempenho do projeto.
 - Métricas do Seis Sigma: iniciar a produção;
 - Plano de Marketing: lançar o produto no mercado;

- Avaliação dos Sistemas de Medição: sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros.

4.1.6 DFMA – Design for manufacture / assembly

DFMA é uma filosofia que se utiliza de diversos conceitos, técnicas, ferramentas e métodos para aperfeiçoar a fabricação de componentes ou simplificar a montagem de produtos, utilizando para tal desde a análise de valores de tolerâncias, a complexidade do produto, número mínimo de componentes necessários, layout do produto dentre outros. DFM traduz a busca durante o projeto, em tornar mais fácil a manufatura dos componentes que formarão o produto depois de montado. Enquanto DFA tem por objetivo tornar a montagem do produto menos custosa e mais otimizada possível [Moscheto 2006].

Tanto a implementação do DFM quanto do DFA foi considerada de grande valia, já que diversas melhorias no desenvolvimento de produto passaram a ser notadas:

- ☐ Redução no número de peças – simplificação;
- ☐ Aumento da qualidade do processo / produto;
- ☐ Utilização de componentes em comum com o portfólio de produtos;
- ☐ Redução dos tempos de montagem;
- ☐ Redução no custo do produto;

Após este período, outros aspectos passaram a ser considerados no desenvolvimento de produtos:

- ☐ Facilitar o processo de desmontagem visando a reciclagem;
- ☐ Melhoria da manutenção dentro da pós-venda;
- ☐ Aumento da confiabilidade do produto;

Os critérios do DFMA da podem ser então definidos da seguinte forma:

- ☐ **Minimizar**
 - Número de peças
 - Elementos de fixação
 - Variantes de produto
 - Manuseio

- Direções de montagem

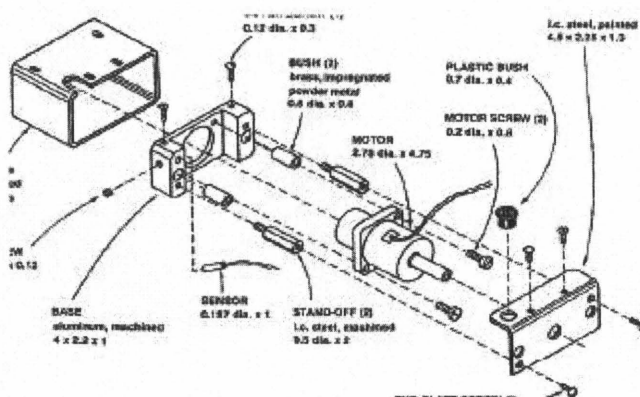
❑ Prover

- Acesso fácil
- Peças simétricas ou exageradamente assimétricas
- Transporte
- Simples manipulação
- Alinhamento facilitado

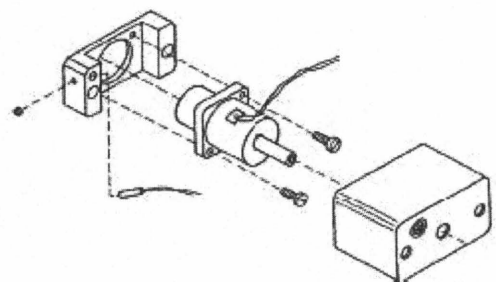
❑ Evitar

- Obstruções visuais a montagem das peças
- Reajustes

Após seguir os critérios acima, a equipe de projeto pode utilizar índices para mensurar o tempo / custo de montagem, seja através de tabelas padrões encontradas na literatura, ou mesmo com o uso de softwares especializados no assunto. A composição do tempo de montagem pelos índices torna possível comparar diferentes projetos podendo facilitar a escolha da melhor solução ou até revisá-las. Para entender melhor o resultado que pode-se chegar ao aplicar esta técnica, basta comparar a diferença de conceitos encontrados na Figura 19.



Solução original



Solução revisada

Figura 20: Solução de desenvolvimento em DFMA [Moscheto 2006].

Enquanto a solução apresentada na parte superior da figura teria um tempo de montagem igual a 160 segundos e um custo em peças de U\$ 35,44, a solução revisada teve o tempo de montagem reduzido para apenas 46 segundos, diminuindo também o custo de peças para U\$ 21,73. Assim

fica comprovado os benefícios que o DFMA pode trazer quando utilizado nas fases iniciais do desenvolvimento do produto.

4.2 Solução proposta

Ainda hoje, pode-se perceber uma vasta gama de problemas relacionados à falta de formalização e estruturação dos procedimentos no desenvolvimento de produtos e processos nas empresas. Conforme [Fachinello e Cunha, 2004], pode-se citar, por exemplo:

- Falta de definições estratégicas no gerenciamento do portfólio de produtos;
- Desenvolvimento de produtos planejados fora do escopo e foco do negócio;
- Ausência da participação de gerentes e parceiros na definição dos procedimentos de desenvolvimento de produtos e processos;
- Falta de definição do desenvolvimento dos produtos e processos como uma seqüência lógica de atividades, as quais devem ser documentadas, disseminadas e bem entendidas pelos membros da companhia;
- Falta de pontos de verificação / validação em relação aos estágios de desenvolvimento de produtos e processos;
- Falta de uma metodologia específica de desenvolvimento de produto – procedimento empírico;
- Falta de integração com outras áreas e departamentos da empresa;
- Falta de compreensão do todo e das responsabilidades das diversas funções dentro da empresa;
- Falta de conhecimento referente às aplicações das metodologias e tecnologias recentemente desenvolvidas.

A partir da constatação dessas dificuldades e carências, e com o intuito de auxiliar a estruturação dos procedimentos de Gestão do Ciclo de Vida do Produto nas empresas, se desenvolveu um modelo referencial que compreende todos os estágios do PLM.

A solução proposta para adoção sobre o contexto PLM pode ser dividida em seis estágios com múltiplos subprocessos. Pode-se afirmar a semelhança da metodologia de implantação do

processo PLM com o modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*). Porém dada solução não é sequencial e sim colaborativa entre cada célula, sendo que estas trabalham paralelamente com alto grau de comunicação entre as partes (cf. Tabela 1):

PLANEJAMENTO	DESIGN	FORNECIMENTO	CONSTRUÇÃO	VENDA	SERVIÇO
Conceito	Design	Demanda	Manufatura	Marketing	Pós-vendas
Planejamento	Engenharia	Financeiro	MRP	Vendas	Distribuição
Gestão da Qualidade / Gestão de Projetos / Gestão de Mudança / Gestão de Portfólio					

Tabela 2: Processos e Estágios do PLM [Infosys, 2005 – adaptado]

Nota-se que deste modo grande parte dos departamentos da empresa estão interligados em esta segmentação baseada em processos. Hoje em dia as empresas estão conseguindo trabalhar na cadeia de valor para a criação do produto.

Do ponto de vista prático, podem-se definir seis passos para o sucesso da implantação do projeto PLM de forma em que sua integração com a cadeia de suprimentos seja eficaz; traduzindo em valor agregado a todos os elos da cadeia. São eles:

- **BOM integrado:** cada fase do projeto de desenvolvimento do produto passa por um BOM (conceitual, design, produção, manufatura e entrega do produto propriamente dito). Uma integração dos BOMs faz com que todos os elos da cadeia possam definir de maneira conjunta os próximos passos a serem dados na tomada de decisão do projeto de desenvolvimento do produto;
- **Visualização dos dados:** considerando que as equipes de projeto podem estar utilizando ferramentas e aplicativos diferentes devido a sua função no processo, estas devem poder visualizar o produto desde sua concepção e design, até a manufatura e o produto acabado. Esta visualização deve estender-se aos setores de embalagem, transportes e armazenagem, de forma que já se possa obter um status de como e onde este produto será armazenado; como e quando será transportado e entregue ao cliente / parceiro; e como será embalado dos pontos de vista do marketing e logísticos;
- **Colaboração em TI:** a integração dos sistemas e aplicativos e as interfaces com as quais os sistemas se comunicam é de vital importância no processo. Deste modo as alterações realizadas em uma fase do projeto são observadas por todos na cadeia, minimizando a variabilidade e instabilidade do sistema como um todo. Portanto ajudando na tomada de decisão e estes colaborando na visão global do projeto;

- **Organização orientada por processos:** conduzir a mudança da estrutura tradicional por funções e substituir por processos. Excelentes exemplos é o OTC – *Order to Cash*, onde se obtém um controle total do fluxo do produto através da cadeia de valor. A junção destes processos pode ser de grande benefício para a empresa;
- **Colaboração com fornecedores:** A habilidade da empresa em trabalhar em conjunto dentro de sua cadeia de valor para produzir produtos com excelência está se tornando uma grande vantagem competitiva. Considerando que as empresas mantêm controle de copyright do produto, contribuições no design podem ser originadas por fornecedores externos e parceiros na manufatura, assim como clientes. Em alguns casos esta colaboração pode chegar a 70% do design do produto acabado [Windchill, 2002].
- E por fim, **Compartilhamento do capital intelectual:** onde deve ser conduzida a colaboração entre os elos do processo, de modo em que enalteça os conhecimentos adquiridos por todos no projeto. Deste modo faz-se que todos os departamentos conheçam e falem a mesma linguagem, podendo assim servir de ferramenta para as próximas tomadas de decisão, minimizando os riscos associados.

Supõe-se que cada parcela de informação gerada em qualquer estágio deva ser transferida para um repositório de informação, onde essas informações devem permanecer disponíveis a todos os intervenientes no processo de negócio. A tecnologia desenvolvida a partir dos sistemas PDM surge para dar suporte a este tipo de estrutura. A concatenação de tarefas a executar, a partir da disponibilização de informações geradas ao longo da execução do processo; e a efetiva utilização das diversas ferramentas, inclusive, nos estágios iniciais do processo, visa reduzir consideravelmente o tempo de resposta à demanda de clientes e melhorando a percepção destes em relação a agilidade da corporação, além dos benefícios de reagir a concorrência de forma rápida e efetiva. Abaixo como demonstra [Fachinello e Cunha, 2004], pode-se entender melhor como estas atividades podem ser sobre postas de maneira a auxiliar na gestão do ciclo de vida do produto:

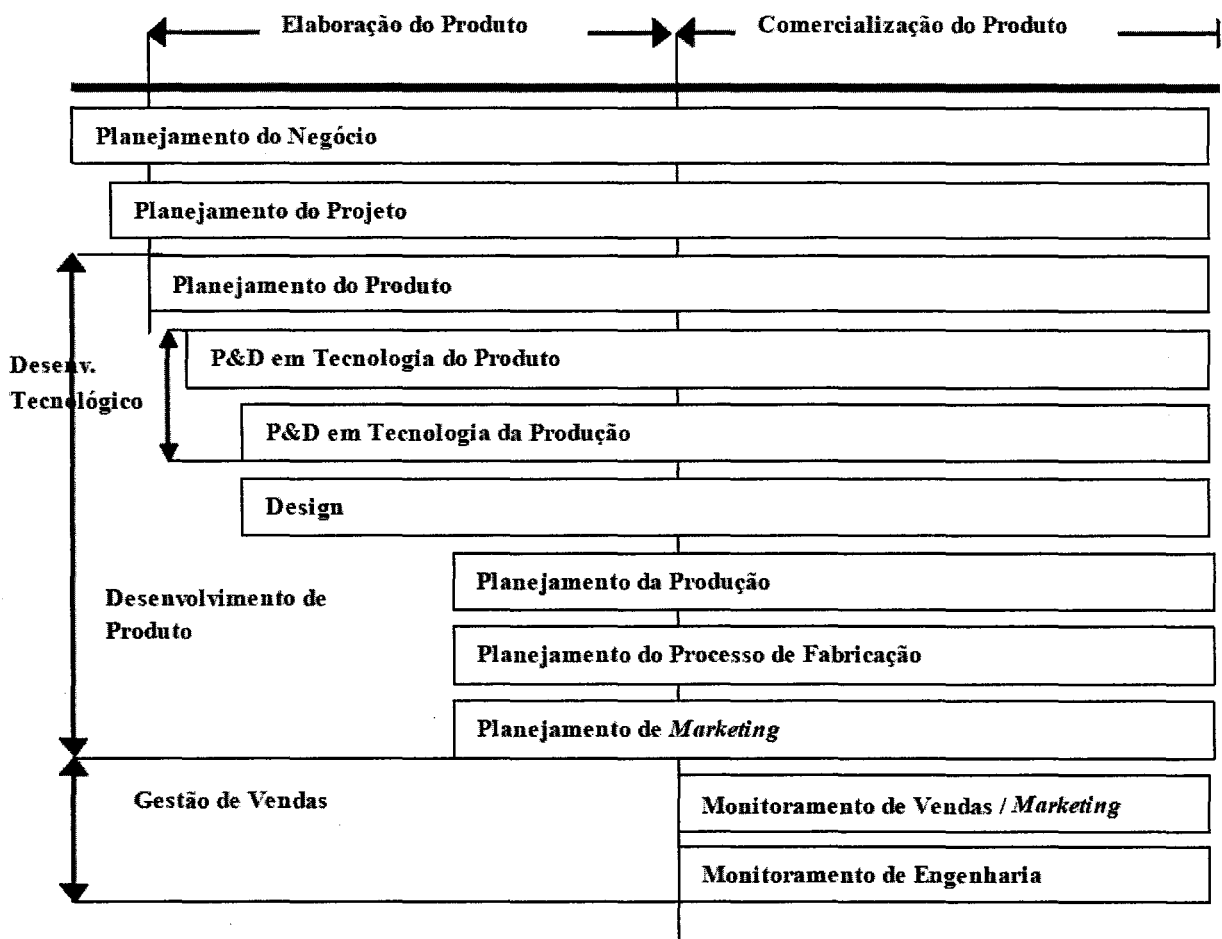


Figura 21: Modelo proposto para estruturação do ciclo de vida do produto [Fachinello e Cunha, 2004].

4.3 Ferramentas de TI em design colaborativo

Quando designers em diferentes empresas colaboram no desenvolvimento de um produto eles precisam discutir e compartilhar uma inúmera série de informações. Para tornar isto possível para todas as partes, se faz necessário que tenham acesso a mesma informação. Isto anteriormente era obtido através da troca de informações por e-mail, disquetes, entre outros. Porém as ferramentas de troca de informação não são 100% seguras. Quando dados são enviados por e-mail é muito fácil que pessoas não autorizadas consigam ter acesso a estas informações. Outros fatores importantes são o tempo para a troca de informações (não em tempo real) e a dificuldade em saber se todos possuem a mesma versão do documento em pauta. A melhor situação seria que os dados de projeto pudessem ser transferidos rapidamente e seguros para que todas as pessoas do time de projeto tenham a mesma informação ao mesmo tempo. Felizmente, as possibilidades técnicas para comunicar e interagir durante o processo de desenvolvimento de produtos aumentou através dos últimos anos. Diversas ferramentas foram desenvolvidas para facilitar a colaboração.

Esta é uma forma de se obter sucesso em um projeto de integração, onde uma organização orientada por processos deve possuir em sólida estrutura de TI em um escopo interdepartamental. Baseado nessa premissa é necessário a integração de aplicativos e bases de dados em um ambiente comum. Isto significa que uma solução de TI deve ser colaborativa através dos processos e aplicativos de TI da companhia. Portanto a única maneira de atingir este objetivo é fazendo com que os tomadores de decisão colaborem entre os diferentes estágios de cada elo da cadeia, onde se deve entender e visualizar cada alteração ocorrida no ciclo de vida de produto como um todo. A arquitetura PLM-TI é responsável por integrar e apresentar todo tipo de informação produzida por cada passo do ciclo de vida do produto para todos os responsáveis dentro da organização do projeto, estendido para parceiros externos. O processo PLM é um processo transversal e de forte interface com os principais processos de sustentação aos resultados do negócio como ERP, CRM e SCM.

As principais funcionalidades a serem respeitadas são:

- **Visualização:** Visualizar um arquivo é analisar seu conteúdo. Seja em 2D ou 3D – um formato neutro utilizado em algumas ferramentas é VRML, o que significa que são versões simplificadas do modelo ou desenho, ajustada para que determinado software ou computador possa analisar corretamente. Porém utilizar formatos de arquivos neutros pode causar perda de precisão nos desenhos devido à conversão. De mesma maneira, visualizar dois ou mais arquivos permite comparar soluções, porém requer monitores maiores.
- **Anotações:** Para lembrar tudo que foi discutido, é de grande vantagem poder realizar anotações no documento. Inserir linhas ou figuras onde algo requer determinada atenção são formas comuns de realizar tais anotações.
- **Impressão:** A impressão de documentos é quase sempre inclusa no pacote. Em algumas ferramentas, uma imagem pode ser impressa da mesma maneira que aparece em tela. Isto é importante quando se quer levar uma imagem para determinada reunião e de poder mostrar as pessoas exatamente o que foi observado no modelo. Caso contrário somente o documento original se pode imprimir, que pode ser uma limitação de desempenho da ferramenta.
- **Medição:** Dependendo de quem utilize as ferramentas, a necessidade de medidas exatas varia. No caso de pessoal de marketing ou não-técnicos, seria mais importante visualizar os conceitos de maneira geral do que obter as dimensões exatas do modelo ou desenho. A situação é completamente oposta quando os usuários são grupos de engenharia; onde a

habilidade de mostrar as dimensões exatas é uma das mais importantes funcionalidades da ferramenta colaborativa.

- **Interação em tempo real:** Tradicionalmente as tecnologias para comunicação síncrona, como teleconferências, é hoje em dia complementada por interações em tempo real. Para dividir e compartilhar idéias e projetos em tempo real sem estar no mesmo local se transforma mais fácil através de ferramentas colaborativas. Várias pessoas podem então visualizar, e por vezes trabalhar e realizar mudanças no documento em questão simultaneamente. Isto constitui em uma facilidade ponderosa de cooperação.

4.3.1 Critérios de avaliação

É de senso comum entre diversas empresas que consideram implantar ferramentas de projeto colaborativo, que acham difícil saber como tomar decisão sobre qual tipo de ferramenta se aplica a seu tipo de necessidade e de negócio. Para ajudar a encontrar um produto que suporte suas necessidades existentes, alguns pontos devem ser entendidos antes de dar o próximo passo na solução PLM:

- **Formatos de arquivos:** A quantidade de formatos suportados freqüentemente é grande, mas apesar disto, não se deve desconsiderar que todos os formatos desejados estão inclusos. Este ponto é um dos mais críticos dada a escolha de um produto ou solução. Caso seja impossível trabalhar com os arquivos que se queira colaborar ou distribuir, a ferramenta não será útil para a empresa não importando quão boas funcionalidades ela tenha.
- **Interfaces:** Uma das razões para implantar ferramentas de projeto colaborativo é para habilitar usuários a acessar modelos, desenhos, e outros tipos de documentos que anteriormente necessitavam da instalação do software original e licenças. Para possibilitar pessoas que não trabalham com aplicativos CAD diariamente, para visualizar e comentar sobre os documentos de maneira rápida e direta. Uma interface de usuário adaptável é algumas vezes a melhor solução, especialmente com níveis de usuários que requerem habilidades diferentes.
- **Escalabilidade:** Trabalhar em empresas estendida que mudam constantemente se faz difícil monitorar quantos usuários haverá no futuro e onde estarão localizados. Escalabilidade possibilita adaptar a ferramenta para o número existente de usuários ao invés de comprar, implantar e treinar a nova ferramenta dado o crescimento da empresa.

- **Salvar dados:** Quais os tipos de dados que devem ser salvos e como estarão estruturados, dependendo de como os dados serão utilizados quando forem salvos. Algumas vezes há possibilidade de mostrar e discutir documentos de forma simples, e por este motivo as empresas investem em ferramentas de projeto colaborativo. Em outros casos serve para auxiliar os colaboradores a trabalharem de maneira estruturada enquanto podem gravar anotações para assegurar que as mudanças estejam claras para todos após cada sessão. É sempre importante pensar que a ferramenta deve se adequar as atividades da empresa para que obtenha melhores resultados.
- **Infra-estrutura:** A infra-estrutura refere-se à interconexão do hardware e do software, simplesmente, tudo que suporta o fluxo e o processamento da informação eletrônica. Pode não ser importante para um usuário saber como a informação está segura dentro da ferramenta, mas ao conectar a ferramenta com outros sistemas é importante que interatividade e possam tirar proveito de se em vez de se impedir o uso de uns aos outros. Um produto que seja acessível através da Internet é um produto que possa ser utilizado de quase em qualquer lugar. Torna a visão possível através da empresa e, se desejado, ir além das barreiras da companhia.
- **Instalação:** Antes de poder usar a ferramenta há processos que podem tomar mais tempo do que esperado, exemplos são a instalação e configuração. Para ganhar no uso destas ferramentas, têm que ser integradas com outros sistemas. Igualmente há o fator tempo que precisa ser considerado. Uma vez que tudo esteja de acordo, começar usar uma nova ferramenta necessita treinamento dos usuários. O tempo de treinamento depende da complexidade da ferramenta e em quanto os usuários têm trabalhado com produtos similares antes. É importante pensar sobre o valor da hora, e se a ferramenta será usada por um grande grupo de pessoas, portanto os custos para a instrução não devem ser subestimados.
- **Administração e Suporte:** Quando a ferramenta é uma parte do trabalho diário no processo de projeto, os problemas técnicos podem causar a interrupção. Para minimizar o impacto destas avarias, o suporte técnico deve estar disponível. Se a companhia não tem o acesso às pessoas qualificadas para assegurar a manutenção, pode ser importante ter consultores dos fabricantes que podem fornecer a solução quando necessário. Mesmo sem problemas técnicos uma determinada quantia da administração do sistema é necessária. Esta quantidade pode variar muito e hoje com muitas ferramentas de monitoramento na web há pouca administração disponível em nível de usuário. Isto exige algum trabalho da administração de usuário no servidor.

- **Segurança:** Desenvolver um produto significa gerar várias idéias e resolver diversos problemas. O conhecimento adquirido nos modelos e outros documentos são vitais e estratégicos. Portanto é importante garantir que pessoas não autorizadas não tenham acesso a este tipo de informação. Uma maneira de aumentar a segurança de dados é de armazenar a informação em um ambiente seguro de propriedade da empresa. O problema em relação à segurança afeta todas as empresas no projeto de colaboração. A segurança na utilização de um produto colaborativo depende diretamente da segurança de rede e de conexões à internet. Os riscos ocorrem dados o envio de informações em redes públicas e não na utilização de produtos. Criptografia de dados pode ser uma alternativa. Portanto a implantação da ferramenta não irá reduzir o nível de segurança comparada às rotinas de e-mail de hoje.
- **Custos:** Há várias considerações sobre os custos da ferramenta. As despesas com treinamento e instalação podem ser mais altas do que o planejado. Alguns problemas técnicos como conexões lentas ou custos de manutenção pode causar mais incômodos do que os benefícios que a ferramenta pode oferecer. O maior custo normalmente está relacionado aos custos de licenças, que pode ser considerado de diversas maneiras; usuários simultâneos ou *stand-alone*. Deve-se levar em consideração a forma da empresa trabalhar para decidir qual é a melhor alternativa.
- **Empresa estendida:** Como uma empresa estendida se parece e qual o papel que esta possui na cooperação é de grande importância. Ferramentas de projeto colaborativo supostamente devem auxiliar parceiros a trabalhar em conjunto e simplificar o intercâmbio de informações, porém nenhuma empresa quer muitos usuários para diferentes colaborações. Portanto cada empresa deve se ajustar uma à outra para fazer a escolha correta. Um exemplo disto é a SAAB que trabalha como fornecedor da Airbus que é o OEM (*Original Equipment Manufacturer* – Fabricante Original) e deve se ajustar a ela.

4.4 Mudança organizacional e cultural na implantação do PLM

Não importa o estágio do desenvolvimento, seja na seleção, na configuração, na parametrização, ou no re-design a falta de informações detalhadas no começo do processo e a constante pressão nos prazos de entrega fazem do trabalho de desenvolvimento uma tarefa desafiadora. Durante este processo, a equipe tem de utilizar a diversidade e o conhecimento de cada indivíduo para ser criativo como um todo. Aliado a isso, eles devem identificar as necessidades, entender o problema, gerar soluções alternativas, comparar e validar as soluções, e finalmente comunicar o

resultado. A figura abaixo mostra como as pessoas envolvidas no projeto podem ter sua própria visão e entendimento de um determinado produto. Isto ilustra a necessidade de chegar a um senso comum da visão do produto nos estágios iniciais do projeto, sendo dentro da empresa como para seus fornecedores e clientes.

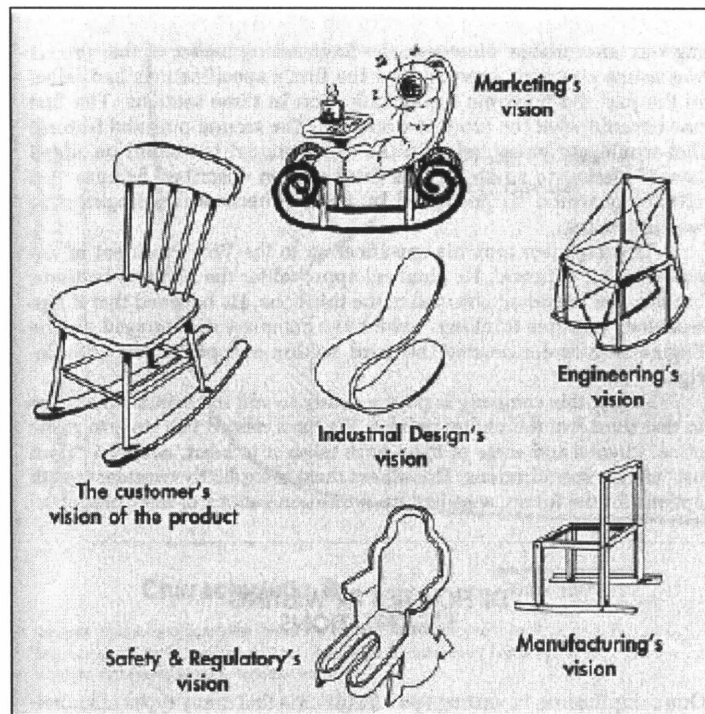


Figura 22: Diferentes visões de um mesmo produto

Há um grande número de obstáculos organizacionais e culturais para se superar a fim de conseguir implantar a colaboração em todos os níveis da empresa. As pessoas normalmente resistem a novos métodos e procedimentos. Compartilhar dados ou passar a propriedade destes com outros enquanto o projeto passa por suas diferentes fases pode ser ponto de conflitos. Equipes que anteriormente operavam de maneira autônoma podem resistir a ter que coordenar suas atividades com outras equipes, onde o estilo de trabalho pode variar deste interdepartamental até através de uma empresa global.

Neste mesmo contexto, o design colaborativo de produtos implica especialmente na necessidade de um alto grau de abertura e confiança para obter melhores resultados. Na via de obtenção de sucesso, problemas culturais podem ser tão importantes quanto às soluções técnicas. A importância de levar em consideração as implicações culturais e organizacionais é também suportada em um estudo realizado com usuários de sistemas PDM:

- As organizações com fortes redes de informação e linhas de comunicação estão mais aptas para implantar e conseqüentemente tem maior chance de obter sucesso no projeto;
- Apesar dos usuários concordarem em sua forte comunicação na empresa e quão bem estão desempenhando seu sistema PDM, ainda vêem uma grande barreira as estruturas organizacionais e culturais na via de crescimento e amadurecimento do desenvolvimento de produtos.

Implantar mudanças organizacionais através do intercâmbio para uma organização em rede é uma maneira fundamentalmente diferente de abordar tarefas que requerem transformações estruturais radicais. Para obter sucesso em tal situação, a cultura corporativa deve mudar para uma baseada em abertura e confiança.

4.5 Quais empresas implantam o PLM?

Como foi apresentado, o *Product Lifecycle Management* evolui de seus predecessores de *Engineering Data Management* (EDM) e *Product Data Management* (PDM) nos últimos vinte anos. Contudo, as soluções PLM em termos de sistemas de informação são bastante jovens. Por isso, a experiência das empresas com softwares PLM é relativamente pequena. As empresas que implantam soluções PLM possuem larga experiência com outras ferramentas de desenvolvimento computacional tanto quanto implantações de sistemas de porte amplo empresarial como *Enterprise Resource Planning* (ERP). Na maioria dos casos tais empresas são líderes em seu segmento e podem ser descritas como corporações multinacionais em operações internacionais. As pequenas e médias empresas (PME) realizam implementações próprias de PLM. Tais soluções encontradas nas empresas nos dias atuais funcionam, em sua maioria, esporadicamente. Estas soluções caseiras e baratas que muitas vezes, no longo prazo, saem caras.

Os fabricantes de eletrônicos e na indústria de cosméticos, onde os ciclos de vida são curtos e a pressão por redução de custos é intensa fez com que já se familiarizem com conceitos de engenharia concorrente, *Business Process Reengineering* (BPR) e *Total Quality Management* (TQM). A gestão de mudança neste tipo de ambientes não é novidade e a administração de tais empresas tende a ser mais moderna do que tradicional.

Para que se possa estar ainda mais envolvido pelo cenário que começa a se desenhar acima, é importante a compreensão sobre o que é a gestão de projetos globais. Afinal, é através de

projetos que as empresas classe mundial realizam o movimento de suas estratégias. A gestão de projetos globais é a aplicação da teoria atual e de processos às oportunidades globais. Qualquer projeto doméstico ou global pode demandar em um sistema de gerenciamento que, com pequenas adaptações, se define pelos seguintes subsistemas:

- ❑ De **planejamento estratégico amplo**, o qual integra o todo observando sempre a pertinência entre os resultados do projeto à missão, aos objetivos e as metas do patrocinador do projeto;
- ❑ De **concepção organizacional** que estabelece como são conduzidas autoridade, responsabilidade e demais atribuições no ambiente de um projeto;
- ❑ De **atitude cultural** que inclui valores, atitudes, crenças, tradições e comportamento dos stakeholders (pessoas e organizações direta ou indiretamente envolvidos) do projeto;
- ❑ De **capital humano** que inclui as pessoas, sua motivação, comunicação e a habilidade para gerenciar sua parte do projeto;
- ❑ De **planejamento** por meio do qual os objetivos, metas e estratégias do projeto são influenciadas;
- ❑ De **informação** através do qual se pode rastrear informações referentes a custos, prazos e desempenhos técnico e administrativo e;
- ❑ De **monitoramento e controle** cujo objetivo é o de determinar a situação das metas de custos, prazos e desempenho técnico do projeto.

Esses subsistemas apresentados podem parecer, à primeira vista, um tanto genéricos, mas são de extrema importância na gestão de qualquer projeto, seja qual for sua dimensão ou complexidade. Aqui também já se evidenciam, dentro desses subsistemas, importantes elementos que podem justificar a necessidade de sistemas de gerenciamento do ciclo de vida de um produto.

Por estes motivos apresentados acima, as empresas que buscam soluções PLM devem pensar que esta filosofia estará presente no planejamento estratégico da empresa como um todo, e não somente como uma ferramenta de auxílio ao desenvolvimento colaborativo de novos produtos. Isto deve ser feito de maneira integrada, conforme propõe a solução PLM, e não de maneira seqüencial (conforme Figura 23):

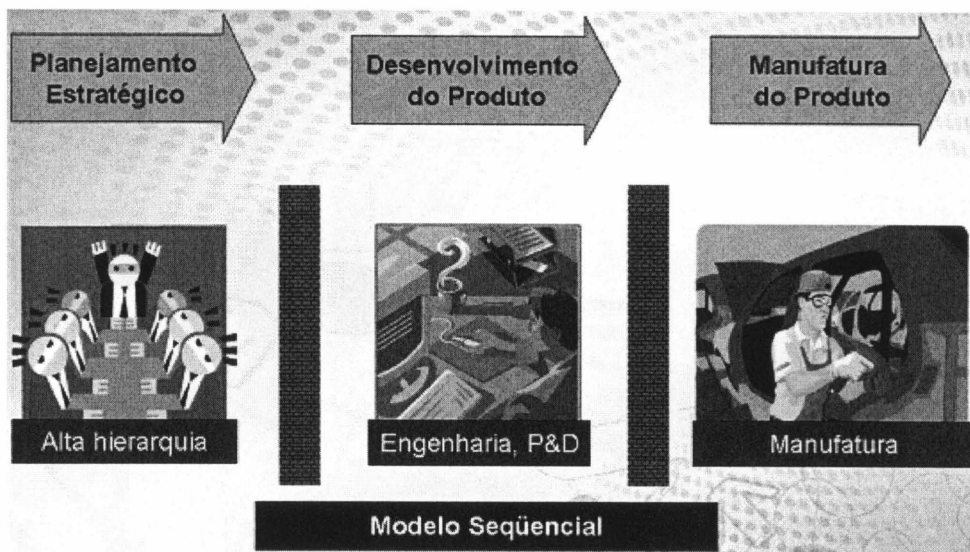


Figura 23: Desenvolvimento Sequencial de Produto [Neto et al., 2007]



Figura 24: Desenvolvimento Integrado de Produto [Neto et al., 2007]

Analisando a maioria das corporações pode-se notar que na área de TI os sistemas de controle de compras e estoques, de acompanhamento de projetos, de recursos humanos e financeiro já passaram já foram alguma vez atribuídos a área de TI. Esses sistemas podem facilitar ou simplesmente bloquear, esconder e até “maquiar” as informações necessárias ao gerenciamento do ciclo de vida do produto. Ou seja, a qualidade do produto pode estar sendo diretamente afetada sem que saibamos suas razões e em que ponto desse ciclo foi comprometido. Podemos dizer que o mesmo servirá para os casos de produtos de sucesso. Com informação de qualidade, armazenada, com fácil acesso aos interessados, que registre a história do projeto, e seus meandros de acertos e desacertos pode ajustar tais deficiências de TI da organização.

Por isso uma primeira ação a ser sugerida é a completa revisão desses sistemas para que se possa buscar eficiência máxima das áreas de apoio às atividades produtivas de uma organização. Devem-se revisar estes sistemas e processos antes que se estabeleça um cronograma de implantação de sistemas PLM. A continuidade passa pela revisão dos sete subsistemas de Clealand, descritos anteriormente, e pelo estabelecimento primeiramente, na estratégia empresarial, de meta de implantação de um sistema de gerenciamento do ciclo de vida de um produto. Reorganizar-se para que métodos e ferramentas possam ser incorporados ao dia a dia das atividades da empresa.

5 Integração do projeto PLM com a cadeia de suprimentos

O mercado em que cada empresa atua tem características próprias que precisam ser respeitadas e atendidas pelo sistema de informação que vai ser aplicado ao seu negócio. Além das características pertinentes ao segmento, cada empresa desenvolve processos individuais para o gerenciamento do seu negócio, que também precisam ser consideradas na escolha e implantação de um sistema administrativo integrado.

A indústria manufatureira está sempre na ponta, adotando novas tecnologias para atender os constantes desafios do dia a dia. Fabricantes originais de equipamentos (OEM) estão sempre repassando pressão sobre os seus fornecedores das camadas de sua cadeia de abastecimento para redução de custos, aumento de número de entregas, aumento de qualidade. Adicionalmente novos mercados globais estão emergindo bem como o gosto do consumidor está mudando. Ao mesmo tempo, preços, qualidade e tempo de projeto mudaram radicalmente nas últimas duas décadas. Estes desafios colocam demanda sobre fabricantes e fornecedores para que aperfeiçoem a qualidade e aumentem a flexibilidade dos seus sistemas produtivos. Uma infra-estrutura de computação robusta torna fácil a troca de dados e informações sobre produtos e projetos enquanto que suporta a rápida evolução dos processos de negócios.

Segundo [Bowersox, 2006], existem seis regras operacionais que devem ser alcançadas para obter sucesso em projetos de logística integrada:

- **Responsividade:** capacidade da empresa em atingir as expectativas de seus clientes;
- **Variabilidade:** controlar variações nos ambientes logísticos, infra-estrutura e TI;
- **Inventários:** otimização de estoques e gerenciamento de armazéns;
- **Transporte:** redução do custo unitário de transporte;
- **Qualidade:** inserir produtos de valor agregado na cadeia de suprimentos;
- **E Gerenciamento do ciclo de vida:** assegurar que o produto está alinhado com seu propósito e com a estratégia de negócios da companhia.

Pode-se definir, portanto alguns pontos chave na integração de sistemas de informação para realizar a gestão dos diversos processos presentes nas organizações atuais. Dividindo através das áreas das empresas busca-se integrar os seguintes processos através de TI:

Departamento	Processo
Infra-estrutura	Integração Confiabilidade, Estabilidade, e Segurança Globalização
Pesquisa e Desenvolvimento	Projeto e Engenharia Colaborativos Administração de Programas
Vendas e Marketing	Customer Relationship Management (CRM) Administração de Entregas
Fabricação	Business Intelligence Montagem por Modelo Fabricação Híbrida
Controle de Qualidade	QS-9000/ISO-14000
Distribuição	Conectividade da Cadeia de Abastecimento EDI e suporte a XML Controle de Embarques
Pós Venda	Serviços e Acompanhamento da Garantia
Conformidade	Sarbanes-Oxley
Administração de Compras	Ordens de Compras Cotações Controle de Inventários Inventario de Fornecedores (VMI)
Gerenciamento de Logística	Logística Almoxarifados

Tabela 3: Integração de processos e departamentos [adaptado]

- **Integração:** Empresas que são subsidiárias de grandes organizações podem se sentir pressionadas a usar o sistema de ERP que a matriz da empresa está utilizando. Todavia, o custo de uma solução implantada na matriz pode não ser suportado para a filial. Outras empresas possuem sistemas aplicativos que são críticos para o seu negócio e não querem substituí-los quando mudar para ou atualizarem seus ERP's. Facilidade de conexão e integridade de dados são parâmetros fundamentais nestes casos.

- **Confiabilidade, Estabilidade e Segurança:** Manter um ambiente de computação seguro fornecendo estratégias que resultem na diminuição dos riscos de segurança para toda a organização, é de fundamental importância em um sistema ERP.
- **Globalização:** Porque muitas empresas do segmento automotivo atuam em muitos países e culturas, capacidades como multi-moedas, multi-idíomas, funcionalidades regionais como legislação local, e suporte mundial são fatores críticos em uma implantação de ERP.
- **Projeto e Engenharia Colaborativa:** Se você é um fabricante de componentes automotivos, você sabe como muito bem o quanto estreitamente você trabalha em colaboração com fabricantes de peças originais (OEMs) e com as montadoras. Soluções que permitam a colaboração nos estágios de projeto e engenharia, e depois administrem toda a vida útil do produto, podem reduzir significativamente o tempo para trazer novos produtos ao mercado.
- **Administração de Programas:** Para se ganhar novos negócios, fornecedores da indústria automotiva precisam rastrear atividades de projeto, tais como propostas, estimativas, prototipação de novos produtos, e o desenvolvimento de novos relacionamentos de negócios. As funcionalidades de administração de programas devem fornecer estes meios para se gerenciar o projeto.
- **Customer Relationship Management (CRM):** Clientes são a razão de ser de qualquer negócio, deixar de atuar de acordo com suas expectativas pode ter custos financeiros para a empresa e resultar na exclusão da cadeia de abastecimento da indústria. Atender bem aos clientes e coordenar sua comunicação com todos os setores funcionais da empresa são elementos chave no provimento de um bom serviço e no desenvolvimento de um ótimo relacionamento de negócios.
- **Administração de Entregas:** Companhias no segmento automotivo utilizam EDI para dar suporte a uma variedade métodos de entrega. Algumas organizações enviam requisições eletrônicas para uma quantidade específica a ser entregue em dias específicos que se somam até alcançar uma quantidade total. Um sistema de ERP de qualidade deve aceitar estas informações de quantidades em formato eletrônico, traduzir em quantidades fixas para ordens para processamento interno, e então atualizar a quantidade acumulada no momento do embarque. Outras companhias usam técnicas de Kanban para “puxar” o abastecimento, o que requer uma quantidade e uma identificação. O sistema de ERP precisa ser hábil em aceitar o mesmo item para o mesmo cliente no mesmo pedido de compras (blanket order), no mesmo dia com uma identificação diferente de Kanban.

Previsões de longo prazo tipicamente contem 13 a 26 semanas de requerimentos planejados para cada peça, assim como outras projeções de vendas tais como para o mercado de reposição. Tudo isto precisa ser alimentado no Planejamento de Abastecimento (MRP) de um sistema ERP para desenvolver planos de fornecimento tanto para fornecedores como para a produção.

- **Business Intelligence:** Juntar os dados corretos em tempo real é crítico no processo decisório. Dadas as condições apropriadas de acesso seguro, os usuários podem acessar dados operacionais e de negócios, através de dispositivos da Web.
- **Montagem por Modelo:** Como os fornecedores da indústria automotiva passa a assumir maior responsabilidade sobre subsistemas principais, eles precisam construir e entregar produtos com alto numero de opções na seqüência para linhas de montagem progressivas. Estes requerimentos são passados para os fornecedores de componentes para coordena as opções dos clientes e o seqüenciamento da linha em toda a cadeia de abastecimento.
- **Fabricação Híbrida:** Produtos de baixo volume, tais como peças de equipamentos pesados e algumas peças usinadas, não justificam uma linha de produção dedicada sendo produzidos contra ordens de trabalho. Ambientes flexíveis de fabricação e manufatura permitem mudanças rápidas nos programas de produção e no desenho de produtos.
- **QS-9000:** Aderência às normas, contando com ferramentas que possibilitem o mapeamento de processos, análise de fornecedores, tabelas de desempenho, ferramentas conformidade, são elementos críticos na administração da cadeia de suprimentos.
- **Conectividade da Cadeia de Abastecimento:** As organizações automotivas operam globalmente, movendo rapidamente a demanda e o suprimento dentro da teia de relacionamentos de negócios. Uma comunicação eficiente com os parceiros comerciais é fundamental, para que os documentos de negocias possam ser trocados e de uma forma integrada alimentar aplicações na retaguarda.
- **Suporte a EDI e XML:** Prover recursos para facilitar a troca de informações entre sistemas das companhias que integram a cadeia de suprimentos é mandatório neste segmento.
- **Controle de Embarques:** Produtos precisam ser etiquetados de acordo com as necessidades do cliente para facilitar a verificação do embarque e capturar números de serie para comunicação avançada de embarque (ASN). Um sistema de ERP precisa estar

habilitado a criar vários formatos de códigos de barra extraíndo informações de transações EDI e incorporando em etiquetas.

- **Serviços e Acompanhamento da Garantia:** Completando o ciclo temos tarefas pós-venda que podem envolver serviços e seu controle em termos de recursos aplicados bem como o controle dos prazos e limites da garantia oferecida aos clientes.
- **Ordens de Compras:** Ter o item certo em inventário é crítico, porque uma situação de falta de estoque pode significar a perda de uma venda, ou até mesmo a perda de um cliente. Desta forma se torna crucial obter informação dos seus clientes, processando toda a informação recebida na geração de previsões para demanda futura, mas também é vital contar com um processo correto de reposição e com alta precisão do inventário.
- **Administração de Inventário:** Três questões básicas precisam ser respondidas quando se trata de inventário. Quanto é necessário? Quando isto é necessário? Onde isto é necessário? Você não pode tratar de forma igual todos os itens estocados. Parâmetros são necessários para que se administrem os mais importantes com maior cuidado, e que regras por exceção possam ser aplicadas na questão do reabastecimento. A base para decidir quanto comprar advém de um programa bem feito tendo como entradas as vendas e outras contribuições relevantes. Este programa aliado aos parâmetros do sistema irá ajudá-lo a comprar e manter os estoques do que é necessário.
- **Planejamento da Demanda:** Como os negócios passaram a girar mais e mais no sentido de servir aos clientes, o planejamento da demanda se torna extremamente importante como um fator de sucesso crítico para o negócio. A previsão gerada pelo sistema de planejamento da demanda tem relação direta com os volumes de estoque do produto acabado ou de matérias primas, com a baixa utilização do parque instalado e obviamente com baixas margens.
- **Administração de Vendas:** Quando um cliente pede uma data de entrega e um preço, a clareza da sua resposta, freqüentemente determina se você ganha ou não o pedido. Caso você não possa dar uma resposta claro um concorrente o fará. Para se atrair e manter clientes, você precisa de uma organização de vendas que entenda o que é serviço ao cliente. Ter a capacidade de aceitar pedidos de canais diferentes, alavancar o máximo de vendas possível, e estar preparado para responder a todo tipo de pergunta sobre disponibilidade ou preços, sem contar com a capacidade de trabalhar com inevitáveis devoluções de alguns itens.
- **Logística:** A logística dentro da cadeia de abastecimento tem papel importantíssimo, pois é extremamente necessário entregar os produtos certos na quantidade e tempo certos para

todos os clientes. Para isso é necessário que os itens certos estejam nos almoxarifados corretos, e ter um sistema flexível de transportes.

- **Almoxarifados:** Os processos que são executados nos almoxarifados podem ser a diferença entre ter um resultado positivo ou negativo. As operações dos almoxarifados (recebimento, separação, embalagem, movimentação, entrega, inventários físicos e cíclicos) podem conter um alto grau de sofisticação, quanto mais otimizadas aliadas a um layout eficaz, sistemas de movimentação e acuracidade, mais lucrativo o almoxarifado se torna, e por consequência o seu negocio.

Na figura abaixo podemos notar como estão sobrepostos os sistemas de informação através do ciclo de vida dos produtos:

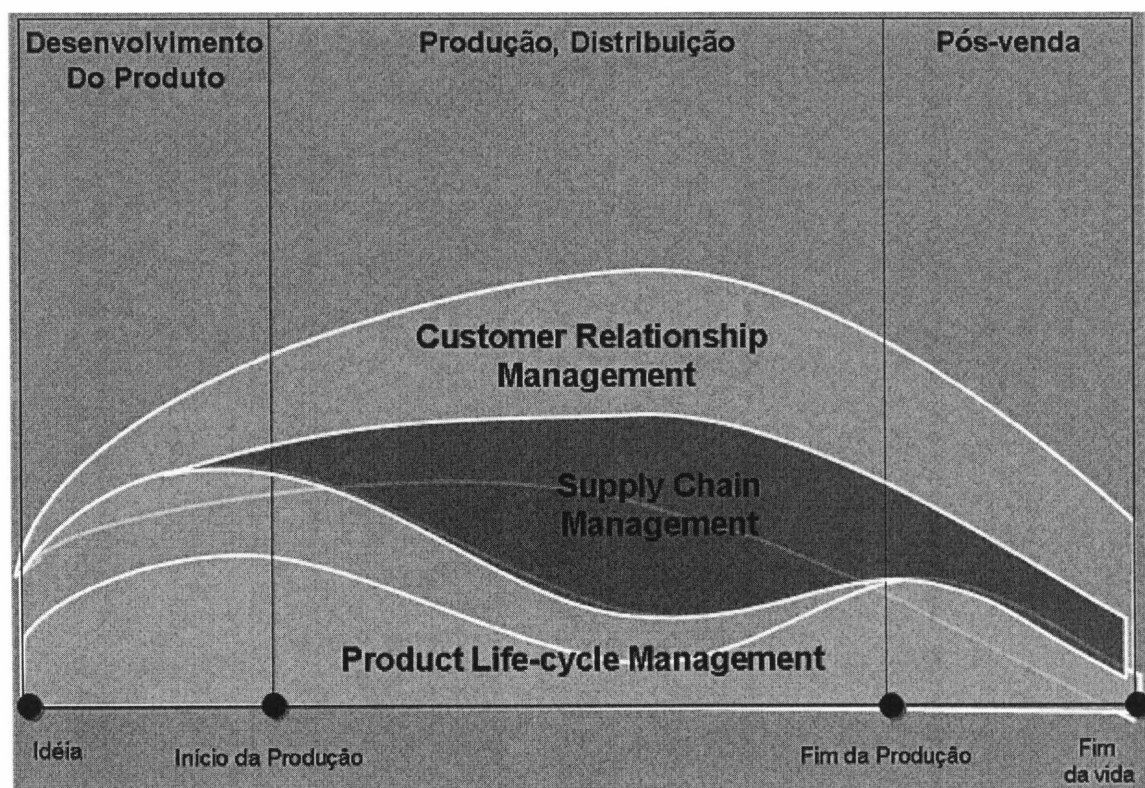


Figura 25: Integração entre ERPs: CRM, SCM e PLM [Neto et al., 2007]

5.1 Colaboração entre empresa e seus fornecedores

Podem-se descrever alguns cenários onde o impacto da tomada de decisão no projeto PLM ocasiona um enorme efeito chicote no processo da gestão da cadeia de suprimentos. Analisando um simples cenário de re-engenharia: pequenas alterações no design do produto podem produzir mudanças em sua embalagem. Mudando a embalagem, pode ocorrer mudança no tipo de pallet,

e conseqüentemente na forma como o produto é armazenado e transportado. Outro caso a ser considerado é o da renegociação de fornecedores na cadeia, com aspectos que podem mudar o lead-time de alguns produtos ou peças. Desta maneira, entende-se que a menor variação no BOM – Bill of Materials – do projeto pode significar em uma operação mais complexa de MRP. Assim é dada a importância à integração e colaboração dos aplicativos de TI.

Uma pesquisa conduzida por [Monczka et al., 2007] mostra que dentre as várias empresas participantes há um numero significativo que obteve melhorias em seu NPD através da integração com seus fornecedores, comparado a outros projetos onde estes não estiveram envolvidos. Isto acaba por se tornar uma vantagem competitiva para as organizações que buscam obter sucesso com integração e colaboração. Porém mesmo apresentando estas melhorias é de senso comum entre os entrevistados a dificuldade em integrar de forma colaborativa os fornecedores em seus processos de negocio.

Indicador de Desempenho	Taxa de Melhoria	Desvio
Custo de Materiais Comprado	15.0%	2.6%–50.0%
Qualidade de Materiais Comprado	20.0%	2.0%–50.0%
Tempo de Desenvolvimento	20.0%	5.0%–50.0%
Custo de Desenvolvimento	15.0%	-1.0%–50.0%
Funcionalidades / Tecnologia	10.0%	5.0%–50.0%
Custo de Manufatura de Produto	10.0%	0.0%–30.0%

Tabela 4: Desempenho alcançado através de integração de fornecedores [Monczka et al., 2007]

Em seu estudo apresenta dois modelos de integração de fornecedores, onde no primeiro destes apresenta um processo de planejamento estratégico de integração de fornecedores enquanto o segundo apresenta o processo de execução desta integração. Estes modelos mostram que para atingir em longo prazo a vantagem competitiva com a colaboração é necessário que seja abordada “top-down”. Primeiramente é necessário entender onde é possível abordar o fornecedor junto ao processo de desenvolvimento de novo produtos.

Como se pode notar na figura 26, e já descrito aqui, o desenvolvimento de novos produtos envolve vários processos intercalados, dos quais durante este processo estão sujeitos a alterações constantemente. Em outras palavras, o projeto pode ser modificado várias vezes e a qualquer momento até que seja finalizado. Fornecedores externos provêem materiais e serviços que podem comprometer o custo total de novos produtos. Além disso, alguns fornecedores podem

até mesmo oferecer tecnologias inovadoras durante o processo, que acabam se tornando críticas durante todo o projeto. Isto leva ao entendimento que muitas vezes o fornecedor possui mais entendimento sobre tais tecnologias que o *stakeholder* do projeto, portanto a integração pode-se dar em qualquer ponto do projeto.

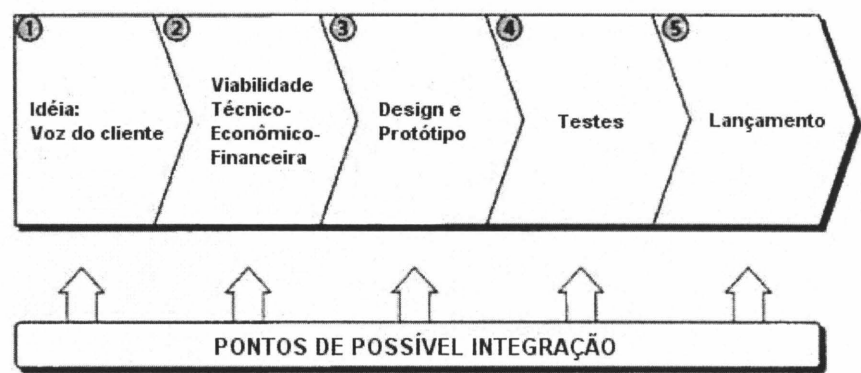


Figura 26: Processo NPD e integração com fornecedores [Monczka et al., 2007]

Pode-se notar que o envolvimento do fornecedor nos primeiros estágios do processo de desenvolvimento de produtos pode trazer grandes benefícios para a organização. Porém está claro que nem sempre todos os fornecedores necessitam estar integrados ao processo e até mesmo em diferentes graus de envolvimento. Dentre os vários níveis de integração pode-se classificar de não-integrado; onde somente é fornecido o que se é solicitado, até *Black Box*; onde o fornecedor tem co-responsabilidade no projeto do produto. É certo que sempre, até nos casos de integração *Black Box* a tomada de decisão final sempre será do comprador, ou seja, da organização dona do projeto.

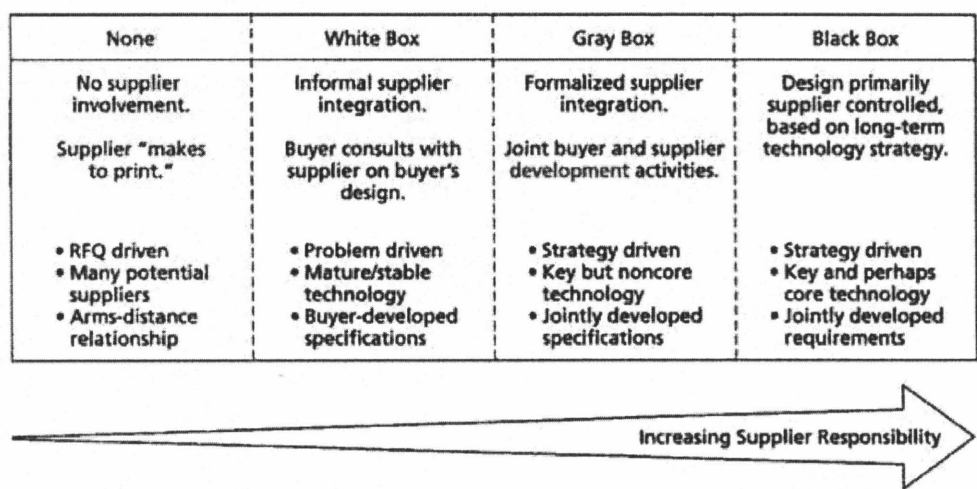


Figura 27: Níveis de integração com fornecedores [Monczka et al., 2007]

Além do nível de envolvimento, outros fatores podem determinar qual o tempo exato de envolver o fornecedor no processo. Melhores resultados podem ser obtidos com uma abordagem sistemática nos processos da organização para determinar o envolvimento do fornecedor.

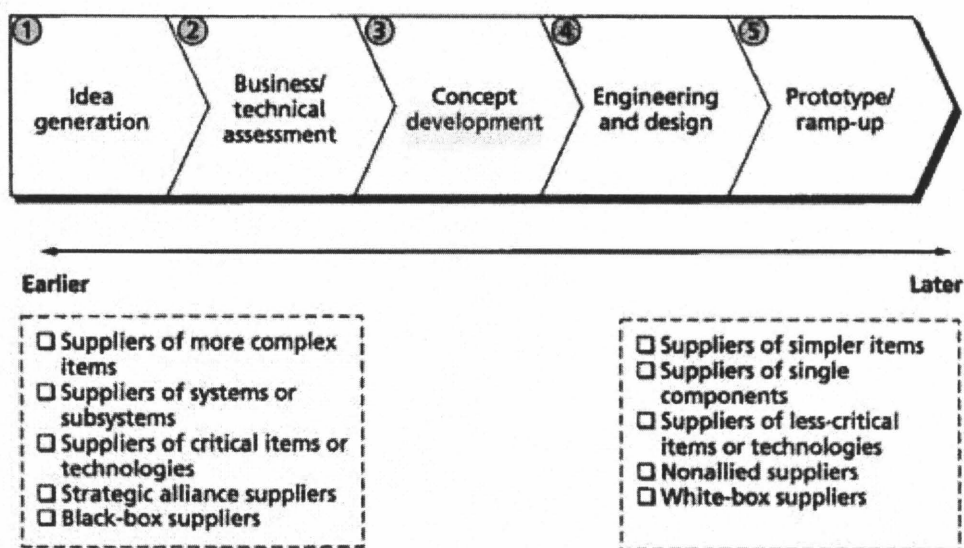


Figura 28: Tempo de integração com fornecedores [Monczka et al., 2007]

5.1.1 Processo de Planejamento Estratégico de Integração de Fornecedores

O processo de integração de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos deve estar no planejamento estratégico da organização. Para alcançar estes objetivos, uma empresa necessita desenvolver uma boa base de fornecedores a qual permita a empresa atingir esta excelência e uma ampla gama de soluções tecnológicas que possam ser utilizadas para as demandas futuras do mercado.

Tendo isto em mente, a figura abaixo apresenta cinco passos no processo de integração de fornecedores. Através do alinhamento deste processo se obtém os resultados necessários para ter uma boa integração entre a organização e seus fornecedores. A determinação de o melhor caminho a seguir depende diretamente de qual direcionamento estratégico a empresa quer tomar em termos desta integração.

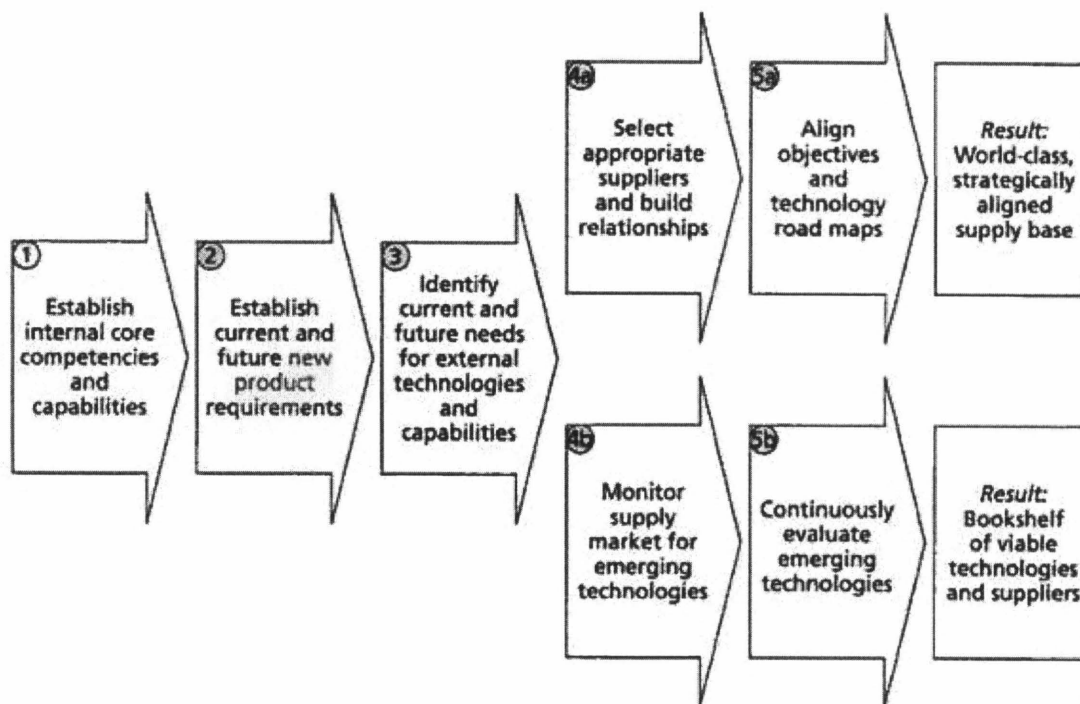


Figura 29: Processo de Planejamento Estratégico de Integração de Fornecedores [Monczka et al., 2007]

Passos 1, 2 e 3 – Determinação das necessidades atuais e futuras:

A chave para integrar fornecedores ao planejamento estratégico é estabelecer as tecnologias e capacidades tecnológicas que a empresa irá buscar no mundo externo e qual irá desenvolver internamente. Muitos novos produtos requerem a aplicação de uma variedade de tecnologias de produtos e processos. Nenhuma empresa possui conhecimento suficiente para internalizar todo o processo de desenvolvimento e produção de produtos, o que na realidade pode se tornar uma desvantagem competitiva. Toda empresa necessita definir e focar no que é mais crítico para seu sucesso competitivo, o que está mais bem equipada e capacitada a fazer e o que considera mais rentável, e confiar em recursos externos para entregar os demais processos.

Um comparativo entre as competências para os projetos atuais e futuros irá então definir os objetivos em termos de base de fornecedores. Muitas empresas entendem que equipes intra-funcionais de alto nível são a chave para a tomada desta decisão. Representantes de times de design, manufatura, compras, gestão de projetos, e qualidade podem desenvolver uma estratégia que estará alinhada com as prioridades estratégicas de corporação como um todo e as necessidades do mercado. Um processo sistemático de decisão por *insourcing* ou *outsourcing* deve então ser conduzido levando em consideração posicionamento de mercado, custos, qualidade, tecnologia, disponibilidade logística, entre outros. Este tipo de decisão é levada destas equipes intra-funcionais para a alta direção da empresa.

Passos 4a e 5a – Desenvolvimento de uma boa base de fornecedores:

A grande maioria das empresas espera que fornecedores que estejam envolvidos no processo de design também possam fornecer uma parte do volume de produção para o item. Portanto um bom critério de decisão para fornecedores é importante. Com isso pode-se considerar um fornecedor que esteja alinhado com a estratégia da empresa e que possa ser integrado de maneira produtiva ao processo de desenvolvimento de novos produtos. A importância deste processo varia de empresa para empresa e de projeto para projeto. O fundamental é conseguir alinhamento entre as necessidades do contratante e as capacidades do fornecedor em termos técnicos, comportamentais e culturais.

Neste ponto do processo é talvez mais importante considerar as capacidades futuras do fornecedor do que as atuais, para seguir melhorando os processos e a integração entre as duas partes, e garantindo que o fornecedor entregue o que o comprador está esperando, atendendo as suas expectativas.

Para assegurar uma boa base de fornecedores podem-se apontar as seguintes práticas:

- Compartilhar planos de planejamento de produtos com fornecedores chave;
- Compartilhar o plano de desenvolvimento tecnológico com fornecedores chave;
- Solicitar aos fornecedores chave seu plano de desenvolvimento tecnológico;
- Permitir acesso aos fornecedores a demonstração de novas tecnologias;
- Criar um grupo operacional responsável pelo desenvolvimento de tecnologias;
- Desenvolver tecnologias em conjunto com fornecedores;
- Desenvolver alianças e relacionamento de longo prazo com fornecedores;
- Utilizar acordos de melhoria continua com fornecedores.

Outro elemento importante para aumentar o comprometimento do relacionamento é garantir que ambas as partes entendam os ganhos e benefícios que podem obter nesta relação, tanto a curto como em longo prazo. Algumas empresas neste ponto utilizam acordos para deixar claro o que cada lado poderá esperar deste relacionamento. É também importante que ambas as partes tenham claro metas e métricas de desempenho mútuas.

Passos 4b e 5b – Desenvolvimento de uma boa base tecnológica:

Além do desenvolvimento de uma base de fornecedores, muitas empresas tentam gerir e obter melhores tecnologias através do desenvolvimento de uma base de tecnologias atuais e em desenvolvimento, e dos fornecedores responsáveis por tais tecnologias. Estas empresas monitoram o desenvolvimento de tecnologias e para as quais aparentam apresentar aplicações promissoras, realizam a gestão para introduzi-las no processo de desenvolvimento de novos produtos. A idéia é de manter uma lista de tecnologias que possam ser aplicadas em novos produtos a qualquer momento necessário no processo.

5.1.2 Estudo de Caso

Em um estudo conduzido por [Camargo 2003] mostra através de uma simulação para a mesma empresa os estudos de casos três diferentes cenários, como o projeto PLM pode auxiliar na redução e otimização de processos, gerando redução de custos para as empresas. Neste estudo podemos verificar também o enfoque da cadeia de suprimentos e a importância do envolvimento do fornecedor na tomada de decisão nos primeiros estágios do desenvolvimento.

No caso 1, uma empresa que não possui integração entre seus sistemas CAD e não trabalha de maneira colaborativa, podemos notar que os processos são realizados basicamente de maneira seqüencial e departamental, onde cada um aguarda o próximo passo para dar continuidade no projeto. Com isso, há pouca interatividade entre a empresa no departamento de desenvolvimento de produtos e os fornecedores. Pode se considerar que esta empresa possui um total de 13 processos por mês. Sendo que cada processo tem um valor equivalente a R\$ 10.000,00 para a empresa, o setor de desenvolvimento gasta por mês R\$ 130.000,00 com estes processos.



Figura 30: Caso 1 – Sistemas CAD não interligados [Camargo 2003]

Se considerarmos em um caso 2 que esta empresa implemente EDI com seu fornecedor, notamos que neste grau de integração realiza-se reduções consideráveis nos processos, pois há transferência e colaboração automática entre as duas partes. Com isso, reduzimos o número de processos para dez, ou seja, apresentamos uma redução de 23% nos custos, equivalente a R\$ 30.000,00.

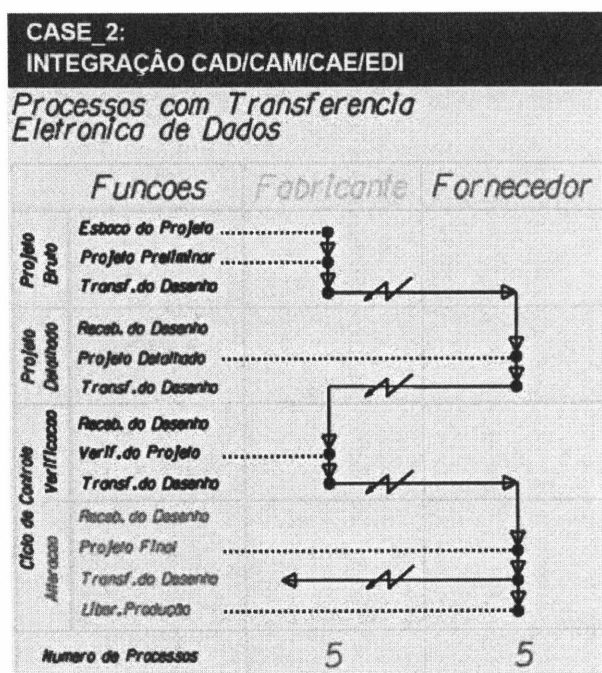


Figura 31: Caso 2 – Integração entre CAD, CAM, CAE e EDI [Camargo 2003]

No caso 3, podemos notar uma nova arquitetura para a troca de informações entre a empresa e o fornecedor, onde há inclusão além do EDI, um processo com servidor distribuído, ou seja, o maior grau de integração proporciona menor intercâmbio de dados, ganhando tempo de projeto e reduzindo os custos. Neste caso podemos notar que o número de processos foi reduzido para oito, portanto correspondendo a uma redução de 38% em custos e totalizando R\$ 50.000,00. Nota-se também deste modo que há uma redução equivalente no número de processos, ou seja, de 13 para 8, o que significa um ganho de 38% em produtividade e tempo de resposta do projeto total, através de uma melhor colaboração com o fornecedor.

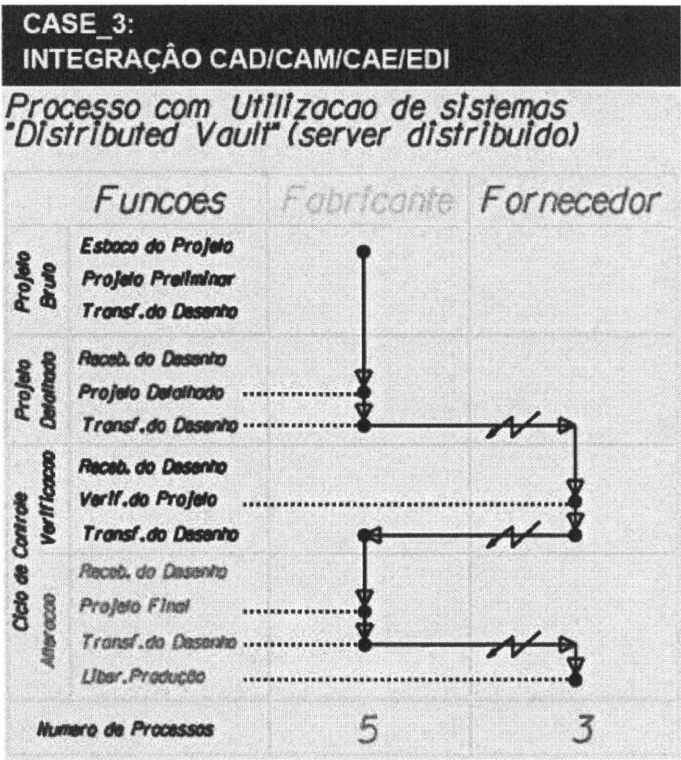


Figura 32: Caso 3 – Integração com sistemas distribuídos [Camargo 2003]

5.2 Gestão de Segurança e Confiança

Um aspecto que deve ser considerado quando se comenta em compartilhar informação é o nível de confiança entre as partes envolvidas. Para evitar falta de segurança e mal entendidos, um acordo de gestão de informação confidencial deve ser desenvolvido [Dyer, 2000]. Sendo que a confiança entre as partes pode levar certo tempo para ser desenvolvida até um nível confortável, parcerias são negociáveis através deste acordo de informação confidencial.

Quando se trabalha com equipes colaborativas empresariais é importante, assim como todas as novas idéias, começar com abordagem *bottom-up*. Isto é feito de forma parcial para que seja possível detectar problemas antes que se tornem muito grandes e importantes, é feito para obter casos de sucesso a fim de compartilhar com todos dentro da empresa.

Segurança em TI também é um ponto importante. Se a informação é compartilhada for a de sistemas internos da empresa sempre há um risco envolvido em que pessoas não autorizadas podem ter acesso a informação confidencial. Para isso, o aplicativo PLM também deve contemplar de forma explicita de alguma forma de sistema de segurança de informação para que dados importantes das etapas de projeto não acabem por ser roubadas e envidas a concorrência.

6 Benefícios da implantação da solução PLM

Hoje em dia, fornecedores externos provêem mais de 50% dos componentes de produtos acabados indústrias de manufatura [Dyer, 2000] e uma demora de seis meses na entrega deste produto ao mercado (*time-to-market delay*) acarretam em perdas de lucratividade de até 33 % [Wheelwright and Clark, 1992]. Portanto, visando simplificar e tornar mais rápido o desenvolvimento de novos produtos, a indústria percebe o quanto é importante o envolvimento de fornecedores e subcontratados nos estágios iniciais do desenvolvimento. Tornou-se cada vez mais obvio que o sucesso na interatividade e na comunicação através da organização e barreiras culturais e geográficas conduz para um melhor design devido a melhores idéias assim como menor desentendimento e falhas desnecessárias.

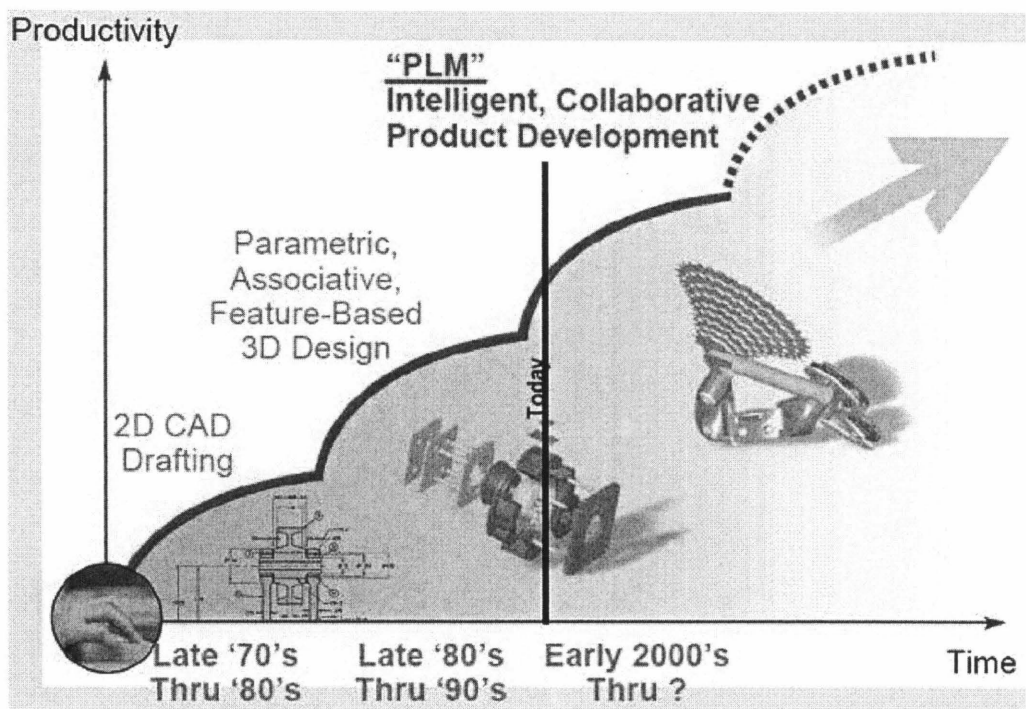


Figura 33: Evolução das ferramentas e a produtividade [Camargo 2003]

Entende-se que dada à implantação da solução PLM, pode-se observar ganhos significativos através da cadeia de suprimentos do produto (cf. Tabela 5):

	Definição	Design	Promoção	Fornecimento	Lucratividade
% do total faturamento atual	4%	5%	14%	65%	10%
Potencial de desenvolvimento	30%	60%	30%	15%	63%
Potencial de melhoria de processos	10%	30%	10%	5%	176%

Tabela 5: Ganhos financeiros da implantação da solução PLM [fonte: Infosys 2005].

A solução PLM em cosméticos apresenta ganhos em colaboração de requerimentos de legislação, fórmulas, matérias-prima, testes, entre outros compartilhados em um ambiente multinacional de P&D, engenharia, e controle de qualidade, assim como fornecedores. Ou seja, uma forma de desenvolver produto rapidamente tanto quanto reduzir custos. Estes fatores podem-se traduzir em: desenvolvimento de produtos inovadores em ambientes de legislação complexa; redução do custo de fabricação do produto; melhora na produtividade do P&D; redução de redundâncias em formulação e materiais; garantir acordo com legislação e iniciativas de qualidade da companhia; e automatizar gestão de sampling para obter alta taxa de retorno.

Segundo estudo conduzido pela IBM para indústria farmacêutica, os resultados obtidos com a implantação da solução PLM são significativos, conforme mostrado a seguir:

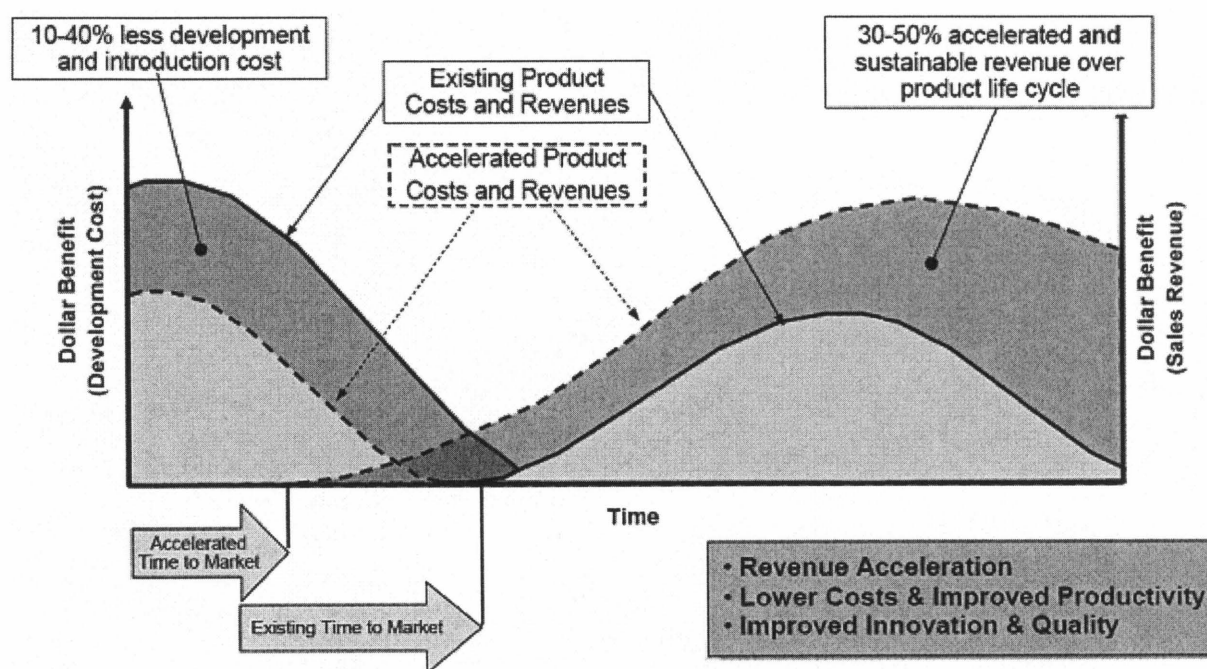


Figura 34: Benefícios com a implantação da solução PLM [fonte: IBM 2004]

Um segmento de indústria de extremo detalhamento em nível de cliente é o de equipamentos pesados, como neste caso o de colheitadeiras e plantadeiras. O nível de especificidade para cada aplicação torna extremamente difícil a previsão de vendas e por consequência as alterações de projeto se tornam demoradas e complexas. Com a utilização de uma ferramenta PLM a redução do tempo de alteração de projeto é significativa. Segundo a Deere, a nova Plantadeira é utilizada para plantar em áreas com elevada densidade vegetal. Ela alcança um comprimento total de 8.000 mm (315 polegadas), com 5 a 19 configurações de linhas plantadeiras e 400 a 900 mm

(15,8 a 35,5 polegadas) de espaçamento. Com o uso total de um software PLM CAD “foi possível simular qualquer configuração de plantadeira requerida por clientes, estimar custos e verificar a viabilidade de produção de um modelo novo muito mais rapidamente, com segurança e qualidade, minimizando horas de projeto, possíveis retrabalhos, protótipos e, em consequência, melhora a produtividade. Em outras palavras, é uma ferramenta real e dinâmica para configuração de produtos. Uma nova configuração de plantadeira poderia requerer 24 horas de trabalho de engenharia para obter os mesmos resultados que hoje levam menos de 3 horas, uma redução de aproximadamente 87%. O trabalho de outros departamentos é também reduzido, por exemplo, o pessoal de Marketing pode mostrar o produto aos clientes e o de Manufatura pode desenvolver procedimentos e ferramentais baseados no produto final.”.

Outro caso é o de uma empresa fabricante de ferramentas, que fabrica de simples alicates até complexas ferramentas. A CooperTools apresenta um ambiente de desenvolvimento de projetos e manufatura que há sete anos conta com apoio de um software PLM. O aliado se encaixou de tal maneira às expectativas da companhia, que atualmente é utilizado nas fábricas da Coopertools localizadas em mais de 120 países sob um acordo corporativo de licenças. Atualmente, a última versão está presente em todas as operações referentes ao desenvolvimento de produtos e de equipamentos voltados a linha de produção, além de apresentar recursos para os processos de manufatura da CooperTools, cuja fábrica brasileira está localizada em Sorocaba. Essa vantagem é responsável pela redução de 95% nos erros envolvendo o desenvolvimento, uma vez que ao alterar qualquer objeto, todos os projetos são atualizados automaticamente. “Esse recurso possibilita ainda a rastreabilidade dos projetos, facilitando a avaliação ISO 2000 que temos na fábrica, além do prazo de desenvolvimento também foi reduzido em 60%, em média”. Por tratar-se de um software pesado, os 14 funcionários que o utilizam dispõem de licenças em modelo client server, cujas estações de trabalho estão conectadas por meio de uma intranet, enquanto todas as aplicações rodam em cima do banco de dados da própria fabricante de solução.

7 Conclusões

O trabalho conclui inferindo que um projeto PLM pode impactar de forma significativa na transformação da filosofia de como a empresa desenvolve seus produtos, transformando o departamento de P&D e cobrindo através da colaboração todos os departamentos da empresa. Para isto a empresa deve estar preparada para aceitar e difundir a nova cultura, pois sistemas colaborativos atravessam as fronteiras departamentais das empresas, onde processos tornam-se primordiais e interativos entre as diversas áreas das corporações (desde o design de engenharia até os serviços de pós-vendas e suporte ao cliente).

O aumento do nível de competitividade de mercado, devido à configuração de um progressivo equilíbrio entre demanda e oferta, ocasionado pelo aumento da produção ao longo do período; determinou o surgimento de um cliente mais exigente quanto à qualidade do produto (entendida, principalmente, como o atendimento das suas necessidades pelo mesmo), alicerçado no poder de opção entre as diversas alternativas que lhe são oferecidas. Este fato foi, ainda, acentuado pelo surgimento de mercados de dimensões globais.

Além disso, o incremento da complexidade tecnológica, tanto em nível de tecnologia de produto e de processo produtivo, como das técnicas de apoio à execução das tarefas a cargo do desenvolvimentista do produto, segue proporcionando a realização dos mais diversos produtos e a concretização de idéias inovadoras.

Devido a estes motivos há uma maior necessidade em empregar métodos e técnicas de gestão de projetos (controladoria) para fazer frente ao crescimento da complexidade da atividade de gestão do desenvolvimento de produtos, suscitado pelo advento das modernas metodologias de organização na área, como a engenharia concorrente e a solução de PLM se encaixa perfeitamente neste cenário.

A evolução dos modelos de gestão do desenvolvimento de produtos propicia, através do PLM, mudanças significativas no modo de atuação dos profissionais envolvidos na atividade. O desenvolvimento de ferramentas computacionais que permitam o mapeamento preciso do conjunto completo de informações utilizáveis ao longo do ciclo de vida do produto (o que se poderia, talvez, denominar de tecnologia e-PLM); a efetiva compreensão do ciclo completo do desenvolvimento de produto em termos de etapas incorrentes, da utilização de métodos e

técnicas de suporte, e da informação produzida e requerida por estas; a criação de modelos de referência para suporte à implementação do PLM, evitando a imposição de soluções informatizadas que engessem de modo distorcido e incompleto; o fluxo de informações subjacentes ao PLM (um pouco à moda do que ocorre, com frequência, na implementação de sistemas de informação, de que é exemplo a tecnologia ERP) traz benefícios imensos para as organizações em termos de gestão de produtos, de inovação, de mudança e do conhecimento.

Dentre os principais benefícios podemos notar a integração da gestão de portfólio com P&D; mudança de comportamento de uma organização por função para processos e aplicativos; eficiência na colaboração através das funções; e redução do tempo para mercado com aumento de responsividade da empresa.

O envolvimento de fornecedores e a colaboração que eles podem oferecer nos estagios iniciais do projeto também correspondem a ganhos significativos na integração entre a gestão da cadeia de suprimentos e o desenvolvimento de novos produtos. Por este motivo, o foco desta monografia em especial nesta integração entre o PLM e o SCM necessita de mais esforços, pois os sistemas PLM ainda não estão amplamente difundidos na maioria das corporações e os impactos e benefícios ainda não podem ser analisados em todas as empresas de maneira quantitativa. Pode-se notar que é de extrema importância a colaboração entre as partes, pois uma acaba se tornando uma negociação onde todas as partes ganham: o fornecedor antevê as necessidades de seus clientes corporativos e as corporações podem receber seus componentes de maneira mais eficiente e renegociar preços de suprimentos em maior escala.

8 Referências

- Bowersox, D. – Gestão Logística de Cadeia de Suprimentos: Bookman – pgs 148 - 2006
- Golovatchev, J., Budde, O., 2007: Next Generation PLM – an integrated approach for the Product Lifecycle Management: International Conference on Comprehensive Product Realization 2007: June 2007, Beijing, China.
- Zina, S., Lombard, M., Lossent, L., Henriot, C., 2006: Generic Modeling and Configuration Management in Product Lifecycle Management: International Journal of Computers, Communications & Control: Vol 1 2006, number 4, pgs 126-138.
- Aberdeen Group, 2005: New Product Development – Profiting from Innovation: Business Value Research Series.
- Aberdeen Group, August 2003: Data Visualization – Foundation for PLM success. An executive white paper: Business Value Research Series.
- Windchill, October 2002: Product Lifecycle Management for product first manufacturing companies: Parametric Technology Corporation (PTC).
- Infosys, January 2005: Integrated Product Management – Single view of the product for higher productivity and profitability: View Point.
- Dyer, Jeffrey H.: Collaborative Advantage, Winning through Extended Enterprise Supplier Networks, Oxford University Press, USA, 2000.
- Wheelwright, Steven C. and Clark, Kim B.: Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality, The Free Press, New York, USA, 1992.
- Johansson, Asa e Uvhagen, Annelie: Collaborative Product Design Environments – Processes and Tools, The Royal Institute of Technology - Department of Production Engineering - Computer Systems for Design and Manufacturing, 2001
- Subrahmanian E., Rachuri S., Fenves S., Foufou S., Sriram R.: Product Lifecycle Management Support: A Challenge in Supporting Product Design and Manufacturing in a Networked Economy, Manufacturing Systems Integration Division, National Institute of Standards and Technology – EUA, 2005
- Dos Santos M.: O PLM - gerenciamento do ciclo de vida do produto transformando negócios em empresas classe mundial, BrasilMatics, 2004
- Vieira, D e de Almeida, F. – Projeto de desenvolvimento de novos produtos: O caso da Racco Cosméticos – Revista Mundo PM – Ano 4 N°22 – Ago/Set 2008
- Fabrício, M. e Melhado, S. – Projeto simultâneo e a qualidade na construção de edifícios – Escola Politécnica de São Paulo – 2000
- Leite, M. – Metodologias de design de código e armazenamento de dados – Faculdades integradas de Maringá – Maringá – 2000
- Fioravanti, A. – Aplicação da metodologia DFSS em projetos automotivos – Universidade de São Paulo – São Paulo – 2005

Moschetto, A. – DFX – Design for X – Universidade Tecnológica do Paraná – Curitiba – 2006

Camargo, R. – PLM – Product Lifecycle Management – Gerenciamento do ciclo de vida do produto – 18ª. Open House – UNISAL – Centro universitário Salesiano de São Paulo – Campinas – 2003

Rozenfeld, H. - Gestão do Desenvolvimento de Produtos (GDP) – Parte 3 - Visão de ciclo de vida Sistemas de informação (PLM e VPD) – FGV – Fundação Getúlio Vargas – São Paulo – 2008

Monczka, R., Handfield, R., Scannell, T., Ragatz, G., Frayer, D. – New Product Development: Strategies for Supplier Integration – ASQ – Milwaukee, EUA – 2007

Haoues, N. – Contribution à l'intégration des contraintes de déssaemblage et de recyclage dès les premières phases de conception des produits – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers – Chambéry, França – 2006

Helms, R. – Product Data Management as enabler for Concurrent Engineering – Research School for Operations Management and Logistics – Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherlands – 2002

Oliveira, G., Neto, H., - Product Lifecycle Management – Instituto Fábrica do Milênio – São Paulo, 2007

Giacomin, M. – Apoio à decisão para a implementação de ferramentas de projeto no processo de desenvolvimento de produtos – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2007

Saaksvuori, A. – Building a PLM concept – Sirrus Capital – Helsinki – Finlândia, 2007

Lindner, J. – Product Lifecycle Management – IBM – EUA, 2006

CIM Data – Product Lifecycle Management – Empowering the future of business – EUA, 2007

Fachinello, T., Cunha, G. – Uma abordagem para a gestão do ciclo de vida de produtos PLM – ENEGEP – Florianópolis, Brasil, 2004

Johansson, A., Uvhagen, A. – Collaborative Product Design Environments – Royal Instituto f Technology – Sweden, 2001

PTC – Windchill: Product Lifecycle Management for Product First Manufacturers Companies – EUA, 2002

www.plmbrasil.com.br – acessado em 02/09/2008

www.ibm.com – acessado em 04/09/2008

www.sap.com – acessado em 14/09/2008

http://faculty.msb.edu/homak/HomaHelpSite/WebHelp/NPD_Process_Overview.htm - acessado em 15/10/2008